

Aus der ATOS Klinik München  
Praxis für Schulter- und Ellenbogenchirurgie  
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. habil. Peter Habermeyer

Muskeltransfer bei chronisch irreparablen postero-superioren  
Rotatorenmanschettenmassenrupturen - ein prospektiver randomisierter Vergleich zwischen  
M. latissimus dorsi und M. teres major Transfer.

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät  
der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Jan Schiegnitz

aus  
Würzburg  
2018

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. habil. Peter Habermeyer

Mitberichterstatter: PD Dr. Manfred Pfahler

Mitbetreuung durch die  
promovierten Mitarbeiter: Prof. Dr. med. univ. Mark Tauber  
Dr. med. Petra Magosch

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 12.07.2018

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
1.1	Historie des Muskeltransfers .....	6
1.2	Anatomie des glenohumeralen Gelenks .....	7
1.2.1	Knöcherne Strukturen und ihre Gelenke.....	7
1.2.2	Bänder, Bursae und Gelenkkörper des Schultergürtels .....	9
1.2.3	Muskeln des Schultergelenks.....	11
1.2.4	Gefäß- und Nervenversorgung der Schulter .....	13
1.3	Funktionelle Anatomie des Schultergelenks .....	15
1.4	Charakteristika der Rotatorenmanschette.....	17
1.5	Pathologien der Rotatorenmanschette .....	18
1.5.1	Ätiologie .....	18
1.5.2	Klinisches Bild.....	21
1.5.3	Bildgebung .....	25
1.5.4	Einteilung der Rotatorenmanschettenrupturen .....	26
2	Material und Methoden.....	31
2.1	Studiendesign .....	31
2.2	Einschlusskriterien .....	31
2.3	Ausschlusskriterien .....	32
2.4	Patientenkollektiv .....	32
2.5	Operatives Vorgehen.....	33
2.5.1	Lagerung und Narkose.....	33
2.5.2	Zugang und Operationstechnik .....	33
2.5.3	Postoperative Rehabilitation .....	35
2.6	Nachuntersuchung .....	36

2.6.1	Klinische Untersuchung.....	36
2.6.2	Costant Murley Score [106].....	36
2.6.3	Sonographie .....	38
2.6.4	Röntgen .....	39
2.7	Statistik.....	39
3	Ergebnisse.....	40
3.1	Ergebnisse mit M. latissimus dorsi Muskeltransfer (G1).....	40
3.2	Ergebnisse mit M. teres major Muskeltransfer (G2).....	46
3.3	Ergebnisse beider Gruppen im Vergleich .....	52
4	Diskussion.....	60
4.1	Literaturvergleich der Ergebnisse aus G1 .....	62
4.2	Literaturvergleich der Ergebnisse aus G2 .....	64
4.3	Kritikpunkte der Studie .....	65
4.4	Fazit.....	66
5	Zusammenfassung .....	68
6	Abkürzungsverzeichnis.....	70
7	Literaturverzeichnis .....	71
8	Abbildungsverzeichnis.....	77
9	Tabellenverzeichnis .....	79
10	Eidesstattliche Versicherung.....	80

# 1 Einleitung

Irreparable Rotatorenmanschettenrupturen sind nach Waren et al. (2001) dadurch charakterisiert, dass keine direkte Reparatur der nativen Sehnen mittels Mobilisation des restlichen Gewebes möglich ist [1]. Diese Rupturen sind meist chronischer Natur und gehen mit einer Veränderung der Sehnen und fettiger Infiltration der Muskeln einher. Zur Wiederherstellung der Kontinuität der Rotatorenmanschette bei irreparablen Rupturen sind viele verschiedene Optionen versucht worden, um minderwertiges Gewebe durch funktionelles Gewebe zu ersetzen. Hierzu gehört die Transposition der Latissimus dorsi- [2], Teres major- [3] oder Subscapularis-Sehne [4], eine kombinierte Transposition der M. subscapularis- und M. teres minor Sehnen, die M. deltoideus Flap-Rekonstruktion [5], Sehnen-Allografts [6], Sehnen-Autografts und die Verwendung von resorbierbaren subakromialer Spacern [7, 8]. Es zeigt sich, dass unterschiedliche Ansätze zur Rekonstruktion der Manschette existieren und es noch keinen gemeinsamen Konsensus zur optimalen Therapie von massiven irreparablen Rotatorenmanschettenrupturen gibt [1, 9].

Im Jahr 1988 beschrieb Gerber et al. den M. latissimus dorsi Muskeltransfer als rekonstruktive Behandlung von irreparablen posterosuperioren Rotatorenmanschetten- rupturen [2]. Dieses Verfahren ist zur primären Linderung des Schmerzes und sekundär zur Wiederherstellung der aktiven Außenrotation und Flexion im glenohumeralen Gelenk geeignet [9-11]. Habermeyer et al. (2006) modifizierten diese Technik mit einer Single Inzision und erreichten damit vergleichbare Ergebnisse. Im Jahre 1998 beschrieben Celli et al. erstmals den isolierten Muskeltransfer des M. teres major bei einem rupturierten und atrophierten M. infraspinatus in irreparablen Rotatorenmanschettendefekten [3]. Sie postulierten verschiedene Vorteile des M. teres major als Muskeltransfer und zeigten seine Äquivalenz für den Schutz vor Kranialisierung des Humeruskopfes.

Das Ziel dieser prospektiven Studie ist es die Unterschiede zwischen dem M. latissimus dorsi und M. teres major Transfer heraus zu arbeiten. Hierbei soll die Untersuchung zeigen, welches funktionelle Ergebnis, Kraft, als auch subjektive Parameter der Schulterfunktion das jeweilige Verfahren erreicht. Die Resultate der klinischen, sonographischen und radiologischen Untersuchung werden einander gegenübergestellt und erstmals mit zwei Jahres Ergebnissen miteinander verglichen.

## 1.1 Historie des Muskeltransfers

Die ersten anatomischen Studien zur Rotatorenmanschette wurden im Jahre 1543 in dem Buch „De Fabrica Corporis Humani“ durch Vesalius veröffentlicht. Hier fanden sich erstmals Darstellungen der Schulter mit dem Plexus brachiales und den Gefäßen wieder [12, 13]. Damit legte Vesalius den Grundstein für die Wissenschaft der Anatomie.

Im Jahre 1934 zeigten Sever und L’Episcopo erfolgreich die Möglichkeit der Transposition der Sehnen des M. latissimus dorsi und des M. teres major bei Kindern mit sogenannten Erb’schen Plexus Paresen [14]. Dabei versetzten sie die Ansätze der beiden Muskeln dermaßen, dass die bisherigen Innenrotatoren nun als Außenrotatoren wirkten. Im selben Jahr publizierte Codman weitere Techniken zur Rekonstruktion von Rotatorenmanschettendefekten und markierte hiermit den Beginn eines neuen Bewusstseins über die Bedeutung der Integrität der Manschette [15].

In Bezug auf Muskeltransfers bei Massendefekten der Rotatorenmanschette beschrieb Gerber et al. im Jahre 1988 erstmal den M. latissimus dorsi Transfer [2]. Hierdurch hat sich der M. latissimus dorsi als Ersatz bei massiven posterosuperioren Rotatorenmanschettendefekten (PSRCT) aufgrund verschiedener Vorteile etabliert [16]. Seine große Oberfläche lässt eine ausreichende Mobilisation für den Transfer zum Tuberkulum majus zu. Der Kraftvektor ermöglicht eine Übernahme der Aussenrotation und seine gute Vaskularisation spielt eine wichtige Rolle beim Erfolg der Einheilung der transferierten Sehne [17]. Verschiedene Vergleichsstudien zeigten, dass sowohl die Methode nach L’Episcopo als auch der isolierte M. latissimus dorsi Transfer nach Herzberg gute funktionelle Ergebnisse erzielten [18, 19]. Lichtenberg et al. (2012) beobachteten in einer Vergleichsstudie, dass der isolierte M. latissimus dorsi Transfer eine bessere aktive Abduktion und Flexion ermögliche. Während der kombinierte Transfer nach L’Episcopo zu einer vermehrten Kraft bei Abduktion führte [19]. In einer anatomischen Studie durch Herzberg et al. (2003) wurde festgestellt, dass die Reinsertion am Ansatz des M. infraspinatus das optimale Drehmoment erzielt [20]. Darauf fundierend modifizierte Habermeyer et al. im Jahre 2006 den isolierten Transfer des M. latissimus dorsi durch eine Single Inzisionstechnik. Dabei erreichte dieses Verfahren vergleichbare Ergebnisse. In der Studie waren dreizehn von vierzehn Patienten mit dem Ergebnis zufrieden und gaben an, dass sie die Operation wiederholen würden [9].

Im Jahre 1998 beschrieb Celli den alternativen Transfer mittels M. teres major [3]. Mithilfe von Kadaverstudien im Zeitraum zwischen 1993 bis 1994 wurde diese Technik etabliert und anschließend bei sechs Patienten angewendet. Diese Patienten zeigten einen Anstieg des Constant-Murley Score von durchschnittlich 22 Punkten, von präoperativ 40 Punkten, auf

postoperativ 62 Punkte. Dabei beschrieben Celli et al. folgende Vorteile für den Transfer des M. teres major:

- Physiologische Ähnlichkeit zum M. infraspinatus aufgrund seiner Nähe als scapulohumeraler Muskel
- Die Möglichkeit der Transposition in die Fossa infraspinatus und die Lage des M. teres major über dem M. infraspinatus
- Ausreichende Länge der Sehne zur Refixation an der großen Tuberositas mit korrekter Spannung
- Die Operation aus der Beach-chair Position beansprucht keine weiteren technischen Voraussetzungen.

Dies entspricht den Kadaverstudien von Wang et al. (1999) [21]. Hierbei wurde dem M. teres major eine geeignete Gefäßversorgung und adäquate Länge für den Transfer zum Humeruskopf zugesprochen. Dazu zeigten Beauchamp et al. im Jahre 1998 ähnliche Ergebnisse [22].

Eine vergleichende Untersuchung zwischen dem M. latissimus dorsi Transfer und dem M. teres major Transfer und somit eine Empfehlung für eine der beiden Techniken liegt in der aktuellen Literatur nicht vor. Daher sollte in dieser Studie gezeigt werden, worin die Unterschiede der beiden Verfahren im klinischen Outcome liegen.

## **1.2 Anatomie des glenohumeralen Gelenks**

In Bezug auf die bereits beschriebene Fragestellung erfolgt nun die Darstellung der anatomischen und topographischen Besonderheiten des glenohumeralen Gelenks zum besseren Verständnis der darauffolgenden Ausführungen zu posterosuperioren Rotatorenmanschettenmassenrupturen. Das Skapulohumeralgelenk ist das beweglichste der großen Gelenke des Menschen und nimmt somit eine Sonderrolle ein [23, 24]. Es setzt sich aus knöchernen Strukturen, sehnigen Verbindungen, den umgebenden Schleimbeuteln und Muskeln zusammen.

### **1.2.1 Knöcherne Strukturen und ihre Gelenke**

Die knöchernen Strukturen des Schultergürtels dienen dem Ansatz und Ursprung der Rotatorenmanschette und sind maßgeblich für deren Funktion mitverantwortlich. Die Schultergürtelregion als Ganzes ist ein komplexes Gebilde aus drei Knochen und fünf Gelenken [24]. Das leicht S-förmig gebogene Schlüsselbein (Clavicula) stellt die einzige feste Verbindung zum Rumpf dar. Das Schulterblatt dient als ausgedünnte dreieckige

Knochenplatte vor allem dem Ansatz der Muskeln [25]. Der Humerus verbindet über das Schultergelenk (Articulatio humeri), dem größten Gelenk des Schultergürtels, die proximale Extremität mit dem Schulterblatt (Skapula) [25]. Diese bildet am lateralen Ende die birnförmige Schultergelenkspfanne (Cavitas glenoidalis), die eine drei- bis viermal kleinere Gelenkfläche als der Humeruskopf besitzt [26]. Dem Pfannenrand sitzt eine fünf Millimeter breite faserknorpelige Gelenkklippe (Labrum glenoidale) auf. Dabei übernimmt das Glenoid drei Funktionen für eine Verbesserung der Stabilität [27]. Zum einem ist es als fibrokartilaginärer Ring ein Verankerungspunkt für die kapsuloligamentären Strukturen. Zum anderem vertieft das Glenoid die Konkavität der Pfanne zusätzlich in superio-inferiore Richtung im Mittel um neun Millimeter und nach anterio-posterior um sechs Millimeter. Als Resultat vergrößert sich die Kontaktoberfläche für den Humeruskopf und somit auch den glenohumeralen Index. Zuletzt funktioniert das Labrum als eine Art Saugglocke. Durch sie herrscht im Gelenkspalt ein Unterdruck von zirka  $-42 \text{ cm H}_2\text{O}$ . Dadurch wird der Kopf zusätzlich in die Pfanne gepresst [27-29].

Ein weiterer Unterschied zwischen Kopf und Pfanne ist der Krümmungsradius der jeweiligen Oberflächen. Der Kopf beschreibt dabei einen sehr viel geringeren Radius als die Pfanne [29]. Diese anatomische Gegebenheit verleiht dem Schultergelenk seine weitreichende Beweglichkeit und fordert gleichzeitig weitere Strukturen zur Sicherung [29].

Einige Autoren sprechen zusätzlich von einem sogenannten „subakromialen Nebengelenk“ [26]. Dieses bezeichnet das Gleitlager aus Schleimbeuteln zwischen Schulterdach (Fornix humeri) und der Rotatorenmanschette. Außerdem wird in diesem Zusammenhang auch das Schulterblatt-Thorax-Gelenk erwähnt. Dieses beschreibt das Gleitlager aus lockerem Bindegewebe zwischen den Mm. subscapularis und serratus anterior. Beide Nebengelenke stellen keine echten anatomische Gelenke dar, sondern haben physiologisch die Funktion einer Artikulation [24, 26].

Die Skapula ist eine dünne dreieckige Knochenplatte und dient vor allem der Befestigung von Muskeln [25]. So entspringen alle Muskeln der Rotatorenmanschette an der Skapula. Neben der gegebenen Anatomie, also der statischen Position, beeinflussen auch die dynamischen Bewegungen das Wirken der Rotatorenmanschette. So sind sowohl die anatomischen Besonderheiten der Skapula als auch eine veränderte Kinematik mit Rotatorenmanschettendefekten assoziiert (siehe Kapitel 1.5.1) [30, 31]. Als anatomische Besonderheit besitzt die Skapula zwei Fortsätze. Zum einem die Spina Scapulae, die das Ende des Schulteracks (Acromion) beinhaltet und zum anderen der Rabenschnabelfortsatz (Processus coracoideus). Der dreieckige Knochen schmiegt sich dem Brustkorb an und hat eine nach innen gewölbte Fläche während die zwei Fortsätze Y-förmig nach kranial emporragen [25]. Mit ihrem Bandapparat kann das Schulterblatt als eine Art „T-Träger-Konstruktion“ mit einer enormen Verwindungssteifigkeit angesehen werden. Durch diese



Rahmenkonstruktion können die gefiederten Muskel den Humeruskopf optimal in der Gelenkpfanne zentrieren [29]. Über das äußere Schlüsselbeingelenk (Articulatio acromioclavicularis) ist die Skapula mit dem Schlüsselbein verbunden. Dieses wiederum befestigt funktionell die Skapula mit dem Brustbein (Manubrium sterni) und somit mit dem knöchernen Thorax. Die drei Gelenke bilden eine funktionelle Einheit. Dabei ist bei der Mehrzahl der Bewegungen ein Zusammenspiel aller Gelenke erforderlich [26].

### 1.2.2 Bänder, Bursae und Gelenkkörper des Schultergürtels

Neben den knöchernen Strukturen spielen Bänder, Bursae und Gelenkkörper eine wichtige Rolle für das Verständnis der Mechanik des Schultergelenks. Dabei kann vorweg genommen werden, dass die Bänder für die Stabilität nur eine untergeordnete Rolle spielen und vielmehr zur Verstärkung der Kapsel dienen [26]. Diese Kapsel hat ihren Ursprung am Collum scapulae und Labrum glenoidale und setzt distal am Collum anatomicum humeri an. Nach Habermeyer et al. (2010) umschließt die Gelenkkapsel als weiter, schlaffer Sack mit etwa einem Volumen von ca. 20 cm<sup>3</sup> das Gelenk [29]. Somit liegt das Tuberkulum majus und Tuberkulum minus extrakapsulär, wohingegen die Epiphysenfuge intrakapsulär verläuft [32]. Bei herabhängendem Arm bildet die Gelenkkapsel eine Aussackung, den Recessus axillaris. Diese Weitung der Kapsel dient als Reservefalte bei der weiten Abduktion [26].

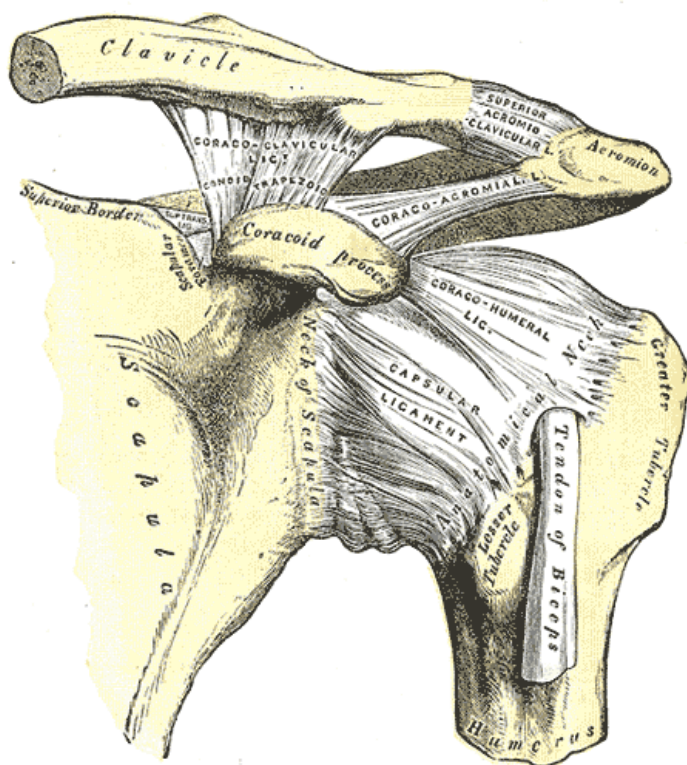


Abbildung 1: Zeichnung aus Gray's Anatomy of the Human Body, Abb. 326 [33]

Die Gelenkkapsel ist mit den umgebenden Schleimbeuteln verbunden. Hierzu gehören die Bursa subtendinea m. subscapularis, Bursa subdeltoidea, Bursa subcoracoidea, sowie die

Sehnenscheide der langen Bizepssehne (*Vagina synovialis intertubercularis*). Hier liegt die lange Bizepssehne somit intrakapsulär [24]. Dagegen besteht keine Verbindung zwischen den Bursen *subtendinea musculi infraspinati* sowie *subcutanea acromialis* und der Gelenkhöhle. Während zwischen den beiden Schultereckgelenken jeweils ein variabel geformter *Discus articularis* liegt, artikulieren im Schultergelenk die knorpeligen Gelenkflächen direkt miteinander [25].

Die kleinflächige Gelenkpfanne des Sternoclaviculargelenks wird durch die vier Bänder *Lig. Sternoclaviculare anterius* und *posterius*, *Lig. costoclaviculare* und dem *Lig. interclaviculare* gesichert. Die laterale Seite der Clavicula wird über das *Lig. coracoclaviculare*, bestehend aus dem *Lig. conoideum* sowie dem *Lig. trapezoideum* mit dem *Processus coracoideus* verbunden und mit den *Ligg. Acromioclavicularia superius* und *inferius* am Acromion befestigt [29]. Beide Schlüsselbeingelenke zusammen bilden eine funktionelle Einheit. Sie können das über Muskelschlingen eingelagerte Schulterblatt gegenüber der dorsalen Seite der Brustwand verschieben und ermöglichen so ein Bewegungsausmaß, dass über die Exkursionsfähigkeit des Schultergelenks hinaus reicht. Somit wird das Bewegungsausmaß der Schulter nahezu verdoppelt [34]. Durch die in Reihe geschalteten *Disci articularis* erreicht das innere und äußere Klavikulargelenk zusammen die Freiheitsgrade eines Kugelgelenks [29].

Das *Articulatio humeri* wird von den *Ligg. glenohumeralia* mit seinen drei Anteilen *Ligg. glenohumeralia superius* (SGHL), *Ligg. glenohumeralia medium* (MGHL) und *Ligg. glenohumeralia inferius* (IGHL) umfasst [35]. Zusammen bilden sie eine Z-förmige Struktur auf der ventralen Kapsel. Sie dienen vor allem der Stabilisierung bei der weiten Außenrotation und Abduktion [29]. Zwischen diesen Bandzügen bilden sich zwei Schwachstellen: das sogenannte Foramen nach Weitbrecht zwischen SGHL und MGHL und das Foramen nach Rouviere zwischen MGHL und IGHl [24, 35]. Im kranialen Bereich wird die Gelenkkapsel zusätzlich durch das *Lig. coracohumerale* (CHL) verstärkt [26]. Das Ligament zieht von der lateralen Basis des Korakoids zum Tuberkulum major und liefert mit seinen medialen Fasern als Dach einen Beitrag am Bizeps Pulley, während das SGHL zuerst in einer T-Konfiguration mit dem CHL und dann als Boden der Bizepsschlinge fungiert [35]. Zwischen den knöchernen Fortsätzen des *Proc. coracoideus* und dem Acromion spannt sich zusätzlich das *Lig. coracoacromiale* auf und bildet zusammen mit den beiden knöchernen Fortsätzen das Schulterdach (*Fornix humeri*) [26]. Nach Putz et al. (1988) ist dieses Band für die wechselseitige dynamische Zuggurtung der beiden Fortsätze verantwortlich [36]. Es zeigte sich, dass sich das Acromion nach durchtrennten *Lig. coracoacromiale* unter Zug bis zu zehnfach stärker biegt als mit erhaltenem Band [36]. Des Weiteren verschafft das Ligament durch seine gewölbeartige Überdachung und Verbindung zur Gelenkkapsel über lockeres Bindegewebe einen günstigeren Hebelarm für folgende Schultermuskeln: *M. deltoideus*, *M. coracobrachialis* und dem *Caput breve* des *M. biceps*

brachii [29]. Das gesamte Schulterdach dient als Begrenzung und Schutz vor ausladenden Bewegungen des Humeruskopfes in kranialer Richtung [29]. Die posteriore Kapsel repräsentiert den dünnsten Abschnitt der Kapsel und ist bei der Limitierung der Translation des glenohumeralen Gelenks beteiligt [35].

Die geringgradige Sicherung durch Bänder, eine schlaaffe Kapsel, die kleine Gelenkfläche des Glenoids zum Humeruskopf und der unterschiedliche Krümmungsradius deutet auf die Notwendigkeit der muskulären Sicherung des Gelenks für einen optimalen Ablauf der Bewegungen im Schultergelenk hin [25]. Daher folgt im nächsten Kapitel die Darstellung der Muskeln des Schultergelenks.

### **1.2.3 Muskeln des Schultergelenks**

Wie bereits beschrieben hat die muskuläre Sicherung für die Stabilität und Funktion des Schultergelenks eine besondere Bedeutung. Zur Vollständigkeit soll hier darauf hingewiesen werden, dass für ausladende Bewegungen des Arms neben den Muskeln des Schultergelenks auch der Schultergürtelmuskulatur eine wichtige Bedeutung zukommt. Sie dient sowohl der Befestigung der Schulter am Rumpf, als auch der Einstellung der Skapula. Erst durch das synergistische Arbeiten der Schultergürtelmuskulatur in sogenannten Muskelschlingen wird das gesamte Bewegungsausmaß des Arms erreicht [34]. Im Folgenden soll nun besonders auf die Charakteristika der Muskeln des Schultergelenks eingegangen werden.

Die Muskeln des Schultergelenks vereint der gemeinsame Ursprung am Schultergürtel, mit Ausnahme hierbei ist der M. latissimus dorsi, der zusätzlich am Rücken entspringt und seinen Ansatz am Humerus hat. Die Muskeln arbeiten je nach Ausgangsstellung des Schultergelenks agonistisch, beziehungsweise antagonistisch zusammen [32]. Dabei kann dem jeweiligen Muskel ebenfalls je nach Stellung, insbesondere ob Innen- oder Außenrotation des Humerus eine besondere Bewegung zu geschrieben werden. Zu den Muskeln des Schultergelenks gehören acht Muskeln, die nach ihrer Lage folgenderweise eingeteilt werden können. Dorsal gelegen ist der M. deltoideus, M. supraspinatus, M. infraspinatus, M. teres minor, M. teres major, M. subscapularis und M. latissimus dorsi. Ventral liegt lediglich der M. pectoralis major mit seinen drei Teilen Pars clavicularis, Pars sternocostalis und Pars abdominalis [32].

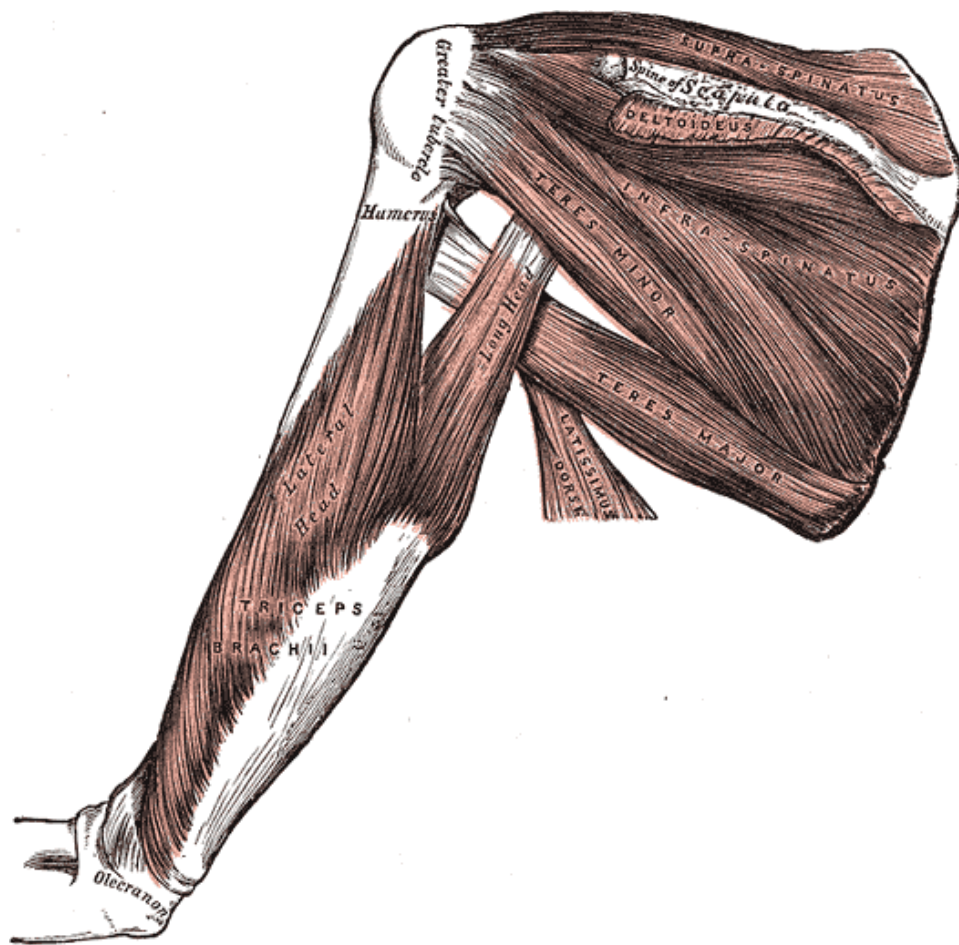
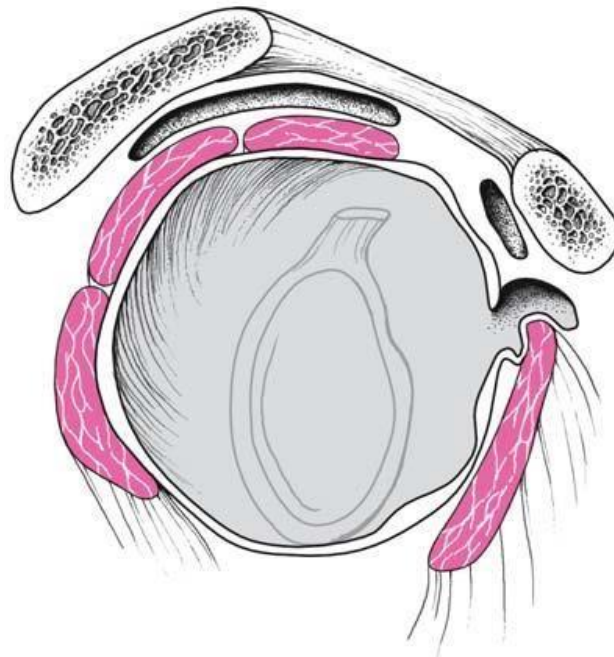


Abbildung 2: Zeichnung aus Gray's Anatomy of the Human Body, Abb. 412 [33]

Die vier gelenknächsten Muskeln bilden die sogenannte Rotatorenmanschette, bestehend aus den Sehnen des M. teres minor (dorsal), M. infraspinatus (dorsal), M. supraspinatus (kranial) und M. subscapularis (ventral). Ihre in die Gelenkkapsel einstrahlenden Sehnen setzen am Tuberkulum majus bzw. minus humeri an und sichern als bindegewebige Platte rund um die artikulierenden Teile herum das Schultergelenk. Nach Matsen et al. (2007) kommt ihnen eine besondere Rolle bei der Zentrierung des Kopfes im Glenoid zu [37]. Der Tonus der Muskeln reicht aus, um den Humeruskopf in die Kavität zu pressen und in der Neutral-Null-Stellung dem Eigengewicht des Arms entgegen zu wirken [37, 38]. Bei allen Bewegungen, insbesondere der Rotation herrscht ein Synergismus vor. Dies bedeutet, dass alle Muskeln bei der Bewegung beteiligt sind [32]. Zusätzlich kommt ihnen eine besondere Rolle bei der glenohumeralen Stabilisierung zu. Die sehr kräftigen Muskeln umgeben den Humeruskopf und ziehen diesen ins Glenoid und zentrieren das Gelenk [29, 34]. Wie in Abbildung drei dargestellt, besteht die Muskelmanschette aus vier Muskeln, die allesamt einen transversalen Verlauf haben und wie Gelenkbänder den Humeruskopf in die Gelenkpfanne pressen [24]. Die Sicherheit des Schultergelenks garantieren in die Gelenkkapsel einstrahlende Sehnen. Um die Muskeln herum befinden sich Gleitschichten, die reibungsfreie Bewegungen gewährleisten.



**Abbildung 3: Rotatorenmanschette: Muskeln, Bänder und Schleimbeutel des Schultergelenks im Querschnitt [32]**

#### **1.2.4 Gefäß- und Nervenversorgung der Schulter**

Bei der degenerativen Veränderung der Rotatorenmanschette spielt die arterielle Versorgung eine entscheidende Rolle. Die Versorgung der Schulter erfolgt aus der Arteria subclavia heraus, die sich im Truncus thyreocervicalis in die A. suprascapularis für den dorsalen Abschnitt der Schulter und in die A. axillaris für den ventralen Teil sowie für die distale obere Extremität aufteilt. Die A. suprascapularis zieht über dem Lig. transversum scapulae superius hin zur Fossa supraspinata und weiter kaudal zur Fossa infraspinata, wo sie schließlich mit der A. circumflexa scapulae und dem Ramus descendens der Arteria transversa colli anastomosiert und die sogenannte Schulterblattarkade bildet [39]. Auf ihrem Weg versorgt die A. suprascapularis zunächst den M. sternocleidomastoideus, den M. subclavius und die Mm. supraspinatus et infraspinatus. Nach Chansky und Iannotti (1991) kommt es im Bereich des Ansatzes des M. supraspinatus zu sogenannten hypovaskulären Arealen [40]. Andere Autoren sprechen von Bereichen mit Unterversorgung, auch „critical zone“ genannt, die für die Ätiologie von Rotatorenmanschettendefekte mitverantwortlich sind (siehe Kapitel 1.5.1) [40-44]. Die A. supraspinata verläuft mit dem M. supraspinatus bis zur oberen Schultergelenkscapsel wo sie im Rete acromiale eine Anastomose mit der A. thoracoacromialis bildet und insbesondere den antero-superioren Teil der Rotatorenmanschette versorgt. Weiter kaudal gelegen anastomosiert sie am Unterrand des Collum scapulae mit der A. circumflexa scapulae, die durch die mediale Achsellücke zieht. Die A. suprascapularis versorgt darüber hinaus Teile der Clavicula, des

Acromioclaviculargelenks und Teile des Schultergelenks. Außerdem versorgt sie mit kleinen Ästen Hautareale über dem Akromion und Brustbereich [29, 39].

Der vordere Abschnitt der Schulterregion wird vor allem aus der Fortsetzung der A. subclavia aus der A. axillaris gespeist, die nach der Passage des M. teres major A. brachialis genannt wird. Sie gibt zwischen Clavicula und zuletzt genannten Muskel diverse Äste ab: Rr. subscapulares, A. thoracica superior, A. thoracica lateralis, A. subscapularis, die bereits genannte A. thoracoacromialis, sowie die beiden A. circumflexa humeri anterior und posterior. Die zuletzt genannte A. circumflexa humeri posterior verläuft mit dem N. axillaris durch die laterale Achsellücke und versorgt neben der Gelenkkapsel, vor allem die Muskeln Infraspinatus und Teres minor, als auch das Caput longum des M. triceps und Teile des M. deltoideus [12]. Zusammen bilden sie mit der A. circumflexa anterior eine Anastomose, beziehungsweise eine Gefäßschlinge um den Humerushals herum und versorgen sowohl diesen als auch den Humeruskopf [32].

Die Innervation der Schulter als auch des Arms erfolgt durch den Plexus brachialis. Dieses Nervengeflecht entspringt aus den vorderen Abgängen der Spinalwurzeln C<sub>5</sub> bis Th<sub>1</sub>. Die Spinalnerven vereinen sich zunächst zu drei Faszikel, um sich dann nach erneuter Aufteilung zu drei Trunci zusammenzuschließen. Man unterscheidet topographisch einen Pars supraclavicularis von einem Pars infraclavicularis. Der Pars supraclavicularis umfasst vier Nerven, die oberhalb der Clavicula entspringen. Diese tragen nicht zur Innervation des Arms bei und vereinigen sich nicht zu Fasciculi. Hierzu gehören der N. suprascapularis, verantwortlich für die Innervation von M. supra- und infraspinatus, der N. subscapularis, der den M. subscapularis innerviert und der N. thoracodorsalis der den M. latissimus dorsi und M. teres major ansteuert [32]. In ihrem Verlauf kann es zu Schädigungen der Nerven kommen, die eine Rotatorenmanschettenruptur imitieren können. So ist eine bestimmte Form der Incisura scapulae prädisponierend für eine Einklemmung des N. supraspinatus unter dem Ligamentum transversum scapulae superius, auch „Suprascapular Nerve Entrapment“ genannt. Sie kann zu einer Lähmung des M. supraspinatus und infraspinatus führen. Die Deinnervation der Muskeln ist differentialdiagnostisch von einer echten Rotatorenmanschettenruptur mittels einer Elektromyographischen Untersuchung zu unterscheiden [45-47].

Der Pars infraclavicularis besteht aus den gebildeten Faszikeln, die sich zu Trunci neu zusammenschließen und letztendlich als einzelne periphere Nerven die Innervation der Extremität übernehmen [32].

### 1.3 Funktionelle Anatomie des Schultergelenks

Neben der topographischen Einteilung ist eine Aufteilung der Muskeln nach ihrer Funktion möglich. Das Schultergelenk gehört zu den beweglichsten Gelenken des menschlichen Körpers. Es besitzt als Kugelgelenk drei Freiheitsgrade, mit Bewegungen in allen drei Raumebenen und um die folgenden drei Hauptachsen: die transversale Achse für Bewegungen in der Frontalebene, die anterior-posteriore Achse für Bewegungen in der Sagittalebene und die vertikale Achse, die der Schnittlinie aus sagittaler und frontaler Ebene entspricht und für die Rotation des Arms um den Humerusschaft zuständig ist [24]. Die Gelenkbewegungen werden in Grad gemessen und mit der Neutral-Null-Methode angegeben. Ausgangspunkt (Null- oder Neutralstellung) ist hierbei der aufrecht stehende Mensch mit parallel stehenden Füßen, gerade herabhängenden Armen und den Daumen nach vorne gerichtet [32].

Für Bewegungen in der Frontalebene, auch Ab- und Adduktion genannt, sind vor allem der M. deltoideus, der M. supraspinatus und das Caput longum des M. biceps brachii insbesondere für die Abduktion zuständig [32]. Der M. supraspinatus spielt als sogenannter „Starter“ für die erste Abduktionsphase eine besondere Rolle. Neben den übrigen Rotatoren verstärkt er bei der Abduktion die gelenksichernde Wirkung in dem er entgegen des Kraftvektors des M. deltoideus den Humeruskopf effektiv in der Pfanne hält und so einer Luxation nach kranial entgegenwirkt. Außerdem verhindert er über die Kapselspannung eine untere Luxation [24, 48]. Die gegensätzliche Bewegung, die Adduktion bewirken vor allem der M. pectoralis major, der M. latissimus dorsi, der M. coracobrachialis, der M. teres major, der M. deltoideus (Pars clavicularis und Pars spinalis bei Abduktionsstellung unter 60 °), der M. teres minor und das Caput longum des M. triceps brachii [35].

In der Sagittalebene nennen sich die Bewegungen: Anteversion (Flexion) und Retroversion (Extension). Die Flexion machen vor allem der Pars clavicularis des M. Deltoideus und des M. pectoralis major, sowie der M. coracobrachialis und der M. biceps brachii. Für die gegensätzliche Bewegung, die Extension, ist der M. latissimus dorsi, der M. teres major und der M. deltoideus (Pars spinalis) zuständig [32].

Bewegungen um die vertikale Achse nennen sich Außen- und Innenrotation. Der wichtigste Außenrotator ist der M. infraspinatus. Zusammen mit dem M. supraspinatus sind sie nach Colachis et al. (1971) für 90 % der Außenrotation und 45 % der Abduktion verantwortlich [49]. Daneben wirken der M. teres minor, der M. deltoideus (Pars spinalis) und der M. supraspinatus bei der Außenrotation mit. Für die Innenrotation sind der M. subscapularis, der M. pectoralis major, der M. deltoideus (Pars clavicularis), der M. latissimus dorsi, der M. teres major und der M. coracobrachialis verantwortlich [32].



Die Zirkumduktion (Umführbewegung) beschreibt das größtmögliche Ausmaß aller ausführbaren Bewegungen im Schultergelenk. Sie stellt einen unregelmäßig geformten Konus dar, dessen Spitze im Zentrum des Schultergelenks liegt und dessen Radius durch die Länge der Extremität bestimmt ist [24].

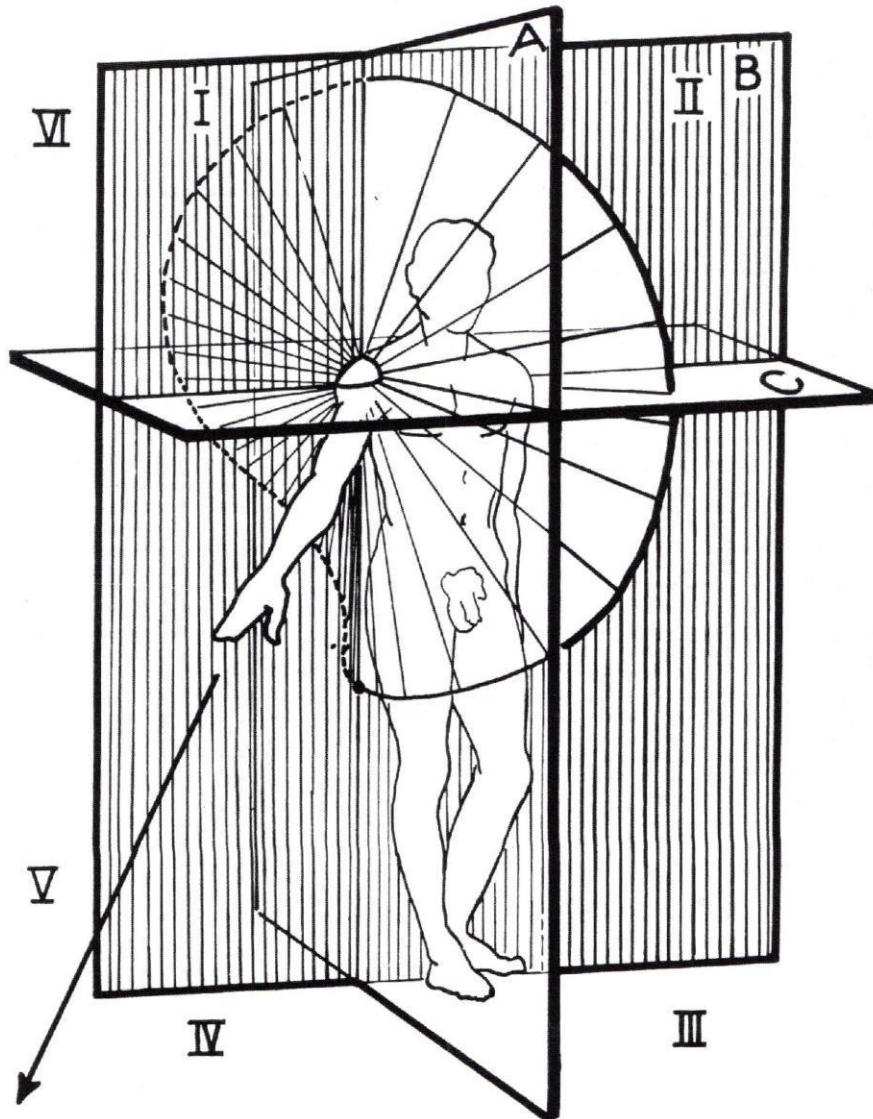


Abbildung 4: Zirkumduktionskegel nach Ibrahim A. Kapandji [24]

Die maximale Bewegungen bei festgestellter Skapula sind nach Schiebler et al. [32]:

- Abduktion-Adduktion:  $90^{\circ}-0^{\circ}-10^{\circ}$ ,
- Anteversion-Retroversion:  $90^{\circ}-0^{\circ}-90^{\circ}$ ,
- Außenrotation-Innenrotation:  $70^{\circ}-0^{\circ}-70^{\circ}$ .



Bei beweglicher Skapula erweitert sich der maximale Umfang. Hierbei handelt es sich um eine Gesamtbewegungen von Schultergelenk und beiden Schlüsselbeingelenken.

- Abduktion-Adduktion:  $180^{\circ}$ – $0^{\circ}$ – $40^{\circ}$ ,
- Anteversion-Retroversion:  $180^{\circ}$ – $0^{\circ}$ – $40^{\circ}$ ,
- Außenrotation-Innenrotation:  $90^{\circ}$ – $0^{\circ}$ – $90^{\circ}$ .

## 1.4 Charakteristika der Rotatorenmanschette

Das folgende Kapitel beschreibt die biomechanischen und anatomischen Besonderheiten der Rotatorenmanschette. Hieraus lassen sich die Pathogenese und die Folgen der Rotatorenmanschettendefekte gezielt herleiten [30, 50].

### **M. supraspinatus und M. infraspinatus**

Roh et al. (2000) konnten in einer Kadaverstudie zeigen, dass der M. supraspinatus aus einem weitaus komplexeren Gebilde als einem simplen fusiformen Muskel besteht. So wurde dargestellt, dass der anteriore Muskelbauch im Durchschnitt einen größeren Querschnitt besitzt als der posteriore Muskelabschnitt. Gleichzeitig hat aber die Sehne des anterioren Bauches einen geringeren Umfang als die Sehne des posterioren Bauches [51]. Dieses erhöhte Sehne zu Muskel-Verhältnis könnte das gehäufte Auftreten von Defekten im anterioren Bereich des M. supraspinatus erklären [12]. Daneben konnte in einer weiteren Kadaverstudie gezeigt werden, dass die Druck Reißfestigkeit gelenkseitig geringer ist. Dies unterstützt die Tatsache, dass Rotatorenmanschettenrisse meist gelenkseitig beginnen [52].

Im Zusammenhang mit Unfallschäden spielt die Reißfestigkeit der Sehnen der Rotatorenmanschette eine entscheidende Rolle. Rickert et al. (1998) untersuchten anhand von 25 Schulterkadavern die native Reißfestigkeit der Supraspinatussehne im Verhältnis zum Alter [53]. Dabei konnte gezeigt werden, dass eine signifikante umgekehrte Proportionalität sowohl zwischen Alter und Reißfestigkeit als auch zwischen Alter und Steifigkeit der Sehne besteht. So ergab sich eine negative Korrelation von zunehmendem Alter der Präparate und der maximalen Zugbelastbarkeit der SSP-Sehne. Zusätzlich nimmt mit dem Alter die Steifigkeit ab und die notwendige Kraft, um die Sehne zu dehnen, wird kleiner. Die Studie zeigte, dass eine geringere Steifigkeit mit einer geringeren Zugbelastbarkeit korrelierte. Jedoch muss es im Alter nicht zwangsläufig zu degenerativen Veränderungen kommen. So konnte gezeigt werden, dass bei über 65 Jährigen immer noch 900 N aufgewendet werden musste um die Sehne zu zerreißen [53].

Der Ansatz der Supraspinatussehne am Tuberkulum majus unterteilt Benjamin et al. (1986) in vier Abschnitte. Die eigentliche Sehne geht über in den nicht-kalzifizierten fibrösen knorpeligen Teil, dann in den kalzifizierten fibrös knorpeligen Abschnitt und zuletzt folgt der Knochen selbst. Die fibrös knorpelige Zone übernimmt zwei Aufgaben. Zum einem folgen vor allem die muskelnahen Kollagenfasern den Bewegungen des Humeruskopfes. Hier findet fast die gesamte Krümmung und Biegung der Sehne statt, während der Muskel bei Bewegungen des Arms nahezu parallel zur Spina scapula bleibt. Zum anderem schützt die fibrös knorpelige Übergangszone zwischen Knochen und Weichteilgewebe die Fasern der Sehne vor Abnutzung [54].

### **M. latissimus dorsi und M. teres major**

Buijze et al. (2007) versuchten in einer Kadaverstudie mit 62 Schultern möglichst genau die Morphologie des M. latissimus dorsi und M. teres major zu beschreiben. Die durchschnittliche Länge des M. teres major war 13,7 cm, während die Distanz von Muskelursprung bis zum Tuberkulum majus 19,2 cm betrug. Die Teres major Sehne war durchschnittlich 1,5 cm lang, 3,4 cm breit und 1,3 mm dick. Dagegen war der M. latissimus dorsi durchschnittlich 26,0 cm lang und die Distanz bis zum Ansatz am Tuberkulum majus war 32,9 cm. Außerdem ist der Sehnenanteil sehr viel größer mit einer Länge von 5,2 cm, einer Breite von 2,9 cm und einer Dicke von 1,0 mm. Daraus ergab sich für den Teres major Muskeltransfer eine 47 % Dehnung für den erforderlichen Transfer und 33 % beim M. latissimus dorsi. Die Autoren schlussfolgerten, dass aufgrund der natürlichen Dehnungsfähigkeit der beiden Muskeln die Strecke leicht erreicht wird [55].

### **M. subscapularis und die lange Bizepssehne**

Eine besondere Charakteristik des M. subscapularis ist die erhöhte Steifigkeit im superioren Teil im Vergleich zu seinem inferioren Abschnitt [56]. Einige Autoren sprechen der Bizepssehne zu, ein funktioneller Anteil der Rotatorenmanschette zu sein. Durch ihren Verlauf durch den Sulcus bis hin zum Tuberkulum supraglenoidale trägt die angespannte Sehne dazu bei den Humeruskopf in die Gelenkpfanne zu pressen [12, 57].

## **1.5 Pathologien der Rotatorenmanschette**

### **1.5.1 Ätiologie**

Rupturen der Rotatorenmanschette wurden erstmals im Jahre 1934 von Codman beschrieben [15]. Neer (1983) klassifizierte die Rupturen nach ihrer Ätiologie zunächst in drei verschiedene Gruppen. Hierbei wurden je nach intraoperativen Befund traumatische

Rupturen (Gruppe I), Rupturen mit einhergehender Schulterluxation (Gruppe II) und sekundäre Rupturen nach einem mechanischen Outlet Impingement (Gruppe III) unterschieden [58, 59]. Akute Traumata die zu Rissen der Rotatorenmanschette führen, kommen vor allem bei jüngeren Patienten vor. Insbesondere wiederholende über Kopf ausgeführte Bewegungen wie sie bei Werfern vorkommen führen zu Schäden der Rotatorenmanschette [60]. Diese Traumata gehen meist mit einem schmerzhaften Ereignis einher und präsentieren sich möglicherweise mit einem schnappenden Geräusch [61]. Sie gehören zu den weitaus seltenen Ursachen für Risse der Rotatorenmanschette. Dem gegenüber stehen die weitaus häufigeren degenerativen Erscheinungen der Rotatorenmanschette im Alter. Kadaverstudien haben gezeigt, dass diese Veränderungen meist auf Abnutzung und Veränderungen der Strukturen beruhen und ohne Schmerzen erscheinen können. Letztendlich handelt es sich bei der Mehrzahl der Risse um Mischformen zwischen traumatisch und degenerativ und können nicht klar zugeordnet werden [62].

Einige Autoren sehen in der Anatomie der Sehnen-Gefäßversorgung der Rotatorenmanschette eine Ursache für die Entstehung von Defekten [40, 41, 63-65]. Katzer et al. (1997) zeigten in Licht- und Polarisationsmikroskopischer Untersuchungen, dass von Geburt an ein Bereich proximal der Insertion der Sehne deutlich geringer vaskularisiert ist als der umgebende Bereich [42]. Dem gegenüber stehen die Studien Moseley und Goldie (1963), die ein Gefäßnetz zwischen der A. circumflexa humeri anterior, der A. subscapularis und der A. suprascapularis gefunden haben. Sie postulierten, dass die „kritische Zone“ nicht sehr viel weniger durchblutet wird wie der Rest der Manschette [12, 66]. Dies unterstützt die Aussage von Rathbun und Macnab (1970), die zeigen konnten, dass die Durchblutung abhängig von der Position des Arms ist. In Adduktion findet dabei die geringste Durchblutung im Bereich der Tuberkulum majus statt. Sie machen damit darauf aufmerksam, dass einige Studien diese Tatsache nicht berücksichtigt haben [12, 44]. Eine neuere Studie von Levy et al. aus dem Jahr 2008 unterstützte die Aussage mit Hilfe einer Laser-Doppler-Flussmessung. Hier konnte dargestellt werden, dass in der beschriebenen „kritischen Zone“ keine funktionelle Minderversorgung herrschte [67].

Die Hauptursachen der degenerativen Veränderungen der Sehne werden in der Abnutzung und der Alterung gesehen. Brewer (1979) präsentierte in Autopsien von 20-, 50-, und 70-Jahre alten Präparaten die altersbedingten Veränderungen der Rotatorenmanschette [68]. Er konnte zeigen, dass die Gefäßdichte abnimmt, die Sehne sich auffächert und die Zellintegrität verloren geht. Zudem verringert sich die Anzahl der Sharpey Fasern zwischen Sehne und Knochen. Die fibrös knorpeligen Anteile nehmen ab. Die Strukturen werden im Alter ungeordneter mit Verlust der Parallelität der Fasern und unterschiedlicher Erscheinung der Zellkerne hin zu einem bunten Bild aus pyknotischen, runden oder länglichen Kernen. Innerhalb der Sehnen kommt es zu einem vermehrten Vorkommen von Kollagen Typ III,

anstatt dem üblichen Kollagen Typ II. Es kommt zur Abnahme der Fasern und zu ödematösen Bereichen zwischen den Strukturen [68, 69]. Am Ansatz der Sehne und im Knochen entwickeln sich osteoporotische Veränderungen mit Verlust der Knochendichte [70].

Wie bereits beschrieben, beginnen die Defekte der Rotatorenmanschette typischerweise am Ort der größten Beanspruchung. Dieser befindet sich gelenkseitig im vorderen Abschnitt der Supraspinatussehne nahe dem Ansatz am Tuberkulum majus [12, 52]. Übersteigt die Last die Reißfestigkeit der Sehne, kommt es zum Riss von Sehnenfäden oder der gesamten Sehne. Die Sehne selbst steht in Ruhe beim hängenden Arm unter Zug. Somit kommt es nach einer Ruptur zur Retraktion der Fasern. Der Untergang von Fasern wiederum führt zur vermehrten Beanspruchung der übrigen Fasern. Dies kann zum Fortschreiten der Ruptur führen, dem sogenannten „Zipper Phänomen“ [12]. Durch den bleibenden reduzierten Sehnenansatz kann der Muskel weniger Kraft auf den Knochen übertragen. Der Humeruskopf wird nur eingeschränkt stabilisiert. Ab einem gewissen Maß überwiegt die Kraft des M. deltoideus und der Humeruskopf steigt nach kranial. Dabei wird die Rotatorenmanschette zwischen das coracoacromiale Dach und dem Humeruskopf gedrängt. Es kommt zur weiteren Abnutzung und Degeneration der Sehne. Zusätzlich führen Risse innerhalb der Sehne zu einer veränderten Anatomie und damit zur Unterbrechung der Blutversorgung. Dies kann zu lokaler Ischämie und Minderversorgung führen. Immer geringere Belastungen der Sehne führen zu weiteren Defekten der Manschette. Der Riss schreitet dabei typischerweise nach posterior in Richtung dem M. infraspinatus fort. Kommt es dennoch zum Ersatz der Sehne durch qualitativ minderwertiges Narbengewebe, ist dies nicht wie das ursprüngliche Gewebe belastbar. Die Wahrscheinlichkeit von Rerupturen ist erhöht [12].

Fukuda et al. (1994) postulierten, dass die Risse irreversibel sind. Sie konnten keine Heilungstendenz der Rotatorenmanschettenrisse in den untersuchten Präparaten finden [71]. Dem entspricht die Darstellung von Yamanaka und Matsumoto (1994) von der Pathogenese der partiellen Rotatorenmanschettenrissen. In einer klinischen Studie mittels Arthrogramm zeigten sie, dass in 50 % der Fälle die Rissgröße zunahm und in 25 % der Fälle sich aus der Läsion ein vollständiger Riss entwickelte. Lediglich 20 % der Defekte zeigten eine Heilungstendenz oder wurden innerhalb eines Jahres kleiner [72]. Diese Beobachtung machte bereits Codman im Jahre 1934 in folgender Aussage: „Ich bin der Meinung, dass viele der Defekte niemals heilen, obwohl die ursächlichen Symptome gewöhnlich nach einigen Monaten verschwinden. Andernfalls hätten wir keine Erklärung für die Häufigkeit von Rotatorenmanschettendefekten in Autopsien“ [72]. Diese Aussage zeigt ebenfalls eindrücklich, dass Scores basierend auf klinischen Symptomen nicht zur Evaluation der Sehnen geeignet sind [15].

Uhthoff et al. (2007) forderten auf, die Rotatorenmanschettenrisse ihrer Ätiologie nach in intrinsische und extrinsische Veränderung zu unterteilen. Bei intrinsischen Faktoren handelt es sich insbesondere um degenerative Veränderung, bei extrinsischen Faktoren spielen die umgebenden Strukturen wie zum Beispiel die unterschiedlichen Akromionformen nach Bigliani als Ursache eine entscheidende Rolle [64, 73]. Die regelmäßige Infiltration von Glukosteroiden [74] zur Schmerzbehandlung und schnelleren Rehabilitation, als auch die entzündliche Arthritis [75] des Schultergelenks spielen eine zusätzliche Rolle bei der Entstehung von Rissen der Rotatorenmanschette [12].

Bei jungen Patienten, vor allem bei Gewichthebern und Werfern, spielen bei der Entstehung von Schäden der Rotatorenmanschette falsch ausgeführte Bewegungen und Überbeanspruchung eine entscheidende Rolle. Durch den sich wiederholenden Stress der Weichteile kann sich das jeweilige Gewebe entzünden. So kann sich eine Bursitis, Tendinitis, Myofascitis oder sogar eine Periostitis entwickeln [76]. Neben Entzündungen können sich in stark beanspruchten Bereichen der Sehnen sogenannte Calciumdepots ablagern und durch raumfordernde Prozesse die Rotatorenmanschette stärker belasten [77].

Abschließend kann gesagt werden, dass eine normale Rotatorenmanschettenfunktion folgende intakte Strukturen voraussetzt: gesunde Muskeln, normale Kapsel, intakte Sehnen, eine dünne geschmeidige Bursa, glatte Knochenoberfläche von Humerus und Acromion und eine konzentrische Bewegung bei Rotation des Humeruskopfes im Gelenk. Eine Störung oder ein Defekt eines Teils dieses sehr komplexen Systems aus verschiedensten Strukturen, die verzahnt miteinander funktionieren, kann eine Läsion der Rotatorenmanschette bedingen.

## **1.5.2 Klinisches Bild**

### **Anamnese**

In der Anamnese geht es darum, im Dialog die Beschwerden des Patienten zu erfassen. Dabei stellen der Beginn, der Auslöser, die Lokalisation, der Verlauf, die Dauer, mögliche Einflüsse, die Qualität und die Ausprägung der Schmerzen entscheidende Informationen dar. Spezifisch sollten nach einem möglichen Unfallhergang nach Rissgeräuschen, nach einer primären Pseudoparalyse, nach einem Instabilitätsgefühl und nach einem sichtbarer Bluterguss gefragt werden [61]. Diese Informationen können bereits Hinweise auf die wahrscheinlich beteiligten Strukturen geben. Die Medikamentenhistorie kann chronische Erkrankungen, beziehungsweise Risikofaktoren für Rotatorenmanschettendefekte aufdecken. In der Patientenvorgeschichte sind bisherige Operationen ein wichtiger Punkt. Der Beruf und wiederkehrende körperliche Belastungen werden in der Sozialanamnese erfasst.

Der Schmerz ist ein zentraler Punkt bei der Evaluierung der Beschwerden. Erstmals nahm Charles Neer im Jahre 1972 das Konzept des Schulter Impingment Syndroms in seiner Arbeit auf [78, 79]. Der Terminus subacromiale Impingment-Syndrom beschreibt dabei den Schmerz zwischen 70° und 120° Abduktion, auch als „painful arc“ bezeichnet, der durch den mechanischen Zusammenstoß der Rotatorenmanschette mit dem coracoacromialen Ligament verursacht wird [80]. Während das Impingment Syndrom eine klinische Diagnose ist, können durch verschiedene bildgebende Verfahren Befunde von beginnender Tendinitis bis hin zu Massenrupturen gezeigt werden [35]. Neben dem subakromialen Impingment gibt es noch das subcoracoidale Impingment und interne Impingment. Als Ursache des ventralen Schmerzes des subcoracoidale Impingment wird ein Zusammenstoßen des M. subscapularis und dem Proc. coracoideus angenommen. Dies tritt vor allem bei starker Flexion und Innenrotation auf. Im Gegensatz hierzu hat das interne Impingment (auch das posterosuperiore Impingment Syndrom genannt) eine unklare Genese. In der Literatur werden hierfür verschiedene Mechanismen als Ursache genannt, wie zum beispielsweise Kontrakturen der posterioren Kapsel oder Dyskinesien der Skapula [79].

Analog zu partiellen Rissen der Achillessehne oder Patellarsehne, erreichen partielle Risse bei der Rotatorenmanschettenruptur ein höheres Schmerzniveau bei Bewegung im Vergleich zu vollständigen Rissen [81]. Grundsätzlich variiert nach Duckworth et al. (1999) bei Rotatorenmanschettendefekten die Eigeneinschätzung der Patienten. Dieser Punkt sollte Berücksichtigung bei der Beurteilung der Anamnese finden [82].

## **Klinische Untersuchung**

Am Anfang der körperlichen Untersuchung steht die Inspektion des Patienten. Diese sollte mit vollständig entkleideten Schultern des Patienten stattfinden. Der Untersucher dokumentiert Narben sowie die aktuellen Befunde. Hinweise auf traumatische Geschehnisse geben Prellmarken, Ödeme und Hämatome. Ein prominentes Sternoclaviculargelenk kann Rückschlüsse auf vorherige Luxationen geben, während Zeichen für degenerative Veränderungen in Form von Muskelatrophien und Osteophyten sichtbar werden. Bei einem Riss der langen Bizepssehne kann der Muskelbauch absacken und zum Phänomen des „Poppey Muskels“ führen [83]. Von posterior kann die Lage und Form der Skapula beurteilt werden und eventuelle Pathologien wie Sprengel Deformität oder Paralysen aufdecken [32].

Als nächstes folgt die Palpation der Schulter. Hierbei können vor allem in der Fossa infraspinatus und supraspinatus Muskelatrophien der Rotatorenmanschette getastet werden. Medial vom Tuberkulum majus, posterior zum Sulcus biceps und ventral vom Acromion ist eine Atrophie des M. Supraspinatus gut zu palpieren. Abnormitäten des Humeruskopfes, Tuberkel und Sulcus biceps können erfasst und Veränderungen am AC-Gelenk wahrgenommen werden. In der Palpation der Muskeln kann einen erhöhten Tonus erfasst

werden. Mit Hilfe des Codman Handgriffs werden Krepitationen im Schultergelenk spürbar [12, 15, 84].

## **Bewegungsumfang**

Wie im Kapitel 1.3 bereits beschrieben, wird der Bewegungsumfang auch „Range of motion“ (ROM) bezeichnet. Der internationalen Konvention folgend, wird der Umfang der jeweiligen Bewegung mit der Neutral-Null-Methode dokumentiert. Dabei wird zuerst die passive Beweglichkeit, also die durch den Untersucher geführte maximal erreichbare Bewegung für Flexion/Extension, Abduktion/Adduktion und Außen-/Innenrotation in Neutralstellung und 90°-Abduktionsstellung gemessen. Die Innenrotation wird dabei als die mit dem Daumen maximal erreichbare anatomische Struktur am Gesäß oder Rücken angegeben [84]. Anschließend wird der Patient dazu aufgefordert die Bewegung selbst, also aktiv durchzuführen. Die jeweilige Untersuchung wird im Vergleich zum anderen Arm erfasst. Neviasar et al. (1971) machten darauf aufmerksam, dass trotz einer vollständigen Ruptur die Abduktion des Arms möglich sein kann [85]. Damit zeigten sie, dass der Verlust der aktiven Bewegungsfähigkeit nicht auf die Rupturgröße schließen lässt.

## **Spezielle Funktionstests**

Weitere spezifische orthopädische Untersuchungstechniken erlauben eine weitere Differenzierung der Rotatorenmanschetten Pathologien. Impingement Tests zählen zu den Indikatoren von partiellen Rissen der Rotatorenmanschette sowie der Bursitis, während das Drop-arm Zeichen und positiver Infraspinatus Test meist einen vollständigen Riss der Rotatorenmanschette anzeigen [80].

Zu den Indikatoren des Impingementsyndrom zählen die folgenden vier Untersuchungen.

- Painful Arc
- Neer-Impingement-Zeichen
- Hawkins-Kennedy-Zeichen
- Matsen Zeichen

Von einem Painful Arc spricht man bei wiederholter Schmerzprovokation bei aktiver Abduktion des gestreckten Arms in der Frontalebene zwischen 60° und 120°. Das Neer Impingement Zeichen ist bei Schmerzen über 120° ruckartiger passiver Flexion mit fixierter Skapula und maximaler Pronation des gestreckten Arms positiv. Ein positives Hawkins-Kennedy Zeichen liegt bei Schmerzen sowohl in 90° Flexion der Schulter, als auch bei 90° Flexion des Ellenbogens und forcierter Innenrotation durch den Untersucher vor [80, 84,

86]. Kommt es bei passiv maximal bis zum Gesäß innenrotierten Arms durch Hochsteigen des Humeruskopfes zu einer subakromialer Schmerzsymptomatik spricht man von einem positiven Matsen-Zeichen [77].

Die weiteren klinischen Untersuchungen dienen der Prüfung der Rotatorenmanschette:

- Jobe Test
- Patte Test
- Hornblower Zeichen
- Drop-Arm-Zeichen
- ARO-lag-Zeichen
- IRO-lag-Zeichen
- Lift-off Test nach Gerber
- Napoleon Test

Der Jobe Test untersucht spezifisch die Supraspinatus-Sehne und -Muskel. Hierbei wird der Arm in 90° Abduktion, gestrecktem Ellenbogen und Pronationsstellung gebracht, so dass die Daumen Richtung Boden zeigen. Der Patient wird aufgefordert, aus dieser Position heraus gegen Widerstand durch den Untersucher den Arm weiter zu abduzieren. Führt dies zu Schmerzen in der Schulter, ist der Jobe Test positiv. Außerdem kann im Seitenvergleich ein Kraftverlust wahrgenommen werden [84]. Beim Drop-Arm-Test wird der gestreckte Arm des Patienten um 90° passiv abduziert und der Patient dazu aufgefordert, diese Stellung aktiv zu halten. Kommt es zu einem Absinken mit oder ohne Schmerzen spricht dies für eine Läsion der Rotatorenmanschette, insbesondere des M. supraspinatus [86].

Der Abduktions-Außenrotations-Test nach Patte testet die Außenrotation. Der Patient wird gebeten in 90° Abduktion und 30° Flektion gegen Widerstand des Untersuchers weiter nach außen zu rotieren. Hierbei wird versucht die Wirkung des M. deltoideus auszuschalten und isoliert den M. infraspinatus und ab 45° Außenrotation den M. teres minor zu testen [86]. Beim Hornblower Zeichen wird der Patient aufgefordert die Hand zum Mund zu führen. Weicht dabei der Ellbogen in die Innenrotation aus und wird über die Ebene der Hand gebracht, spricht man von einem positiven Hornblower Zeichen. Dies zeigt speziell die Funktion der Außenrotatoren, insbesondere die des M. Teres minor an [84].

Beim Außenrotations-lag-Zeichen (ARO-lag-Zeichen) bringt der Untersucher den im Ellenbogen 90° flektierten und 20° abduzierten Arm in die submaximal erreichbare Außenrotation. Der Patient wird aufgefordert die passiv vorgegebene Außenrotation zu halten. Ist das Zeichen positiv weicht der Arm in die Innenrotation zurück [86]. Zusammen mit einem positiven Hornblower Zeichen ist dies pathognomonisch für posterosuperiore Massenrupturen der Rotatorenmanschette [12].



Demgegenüber steht das Innenrotations-lag-Zeichen (IRO-lag Zeichen). Erfolgt ein Zurückweichen des hinter dem Rücken passiv submaximal innenrotierten Arms in die Außenrotation, liegt ein positives IRO-lag Zeichen vor. Dieser und die zwei folgenden Untersuchungen sprechen für Pathologien des M. subscapularis. Beim Lift-off Test nach Gerber [86] befindet sich die Hand hinter dem Rücken in maximaler Innenrotation. Dieser Test ist positiv, falls der Patient die Hand nicht vom Rücken abheben kann. Beim Belly-press oder Napoleon Test wird der Patient aufgefordert, die Hand bei 90° flektiertem Ellbogen und maximaler Innenrotation des Arms auf den Bauch zu pressen. Kommt es dabei zu einem Anheben der Schulter oder Flexion im Handgelenk und Abweichen des Ellenbogens nach seitlich dorsal ist der Test positiv. Dieser positive Test spricht für eine Pathologie des M. subscapularis [84, 86].

### **1.5.3 Bildgebung**

Hat sich in der klinischen Untersuchung der Verdacht einer Rotatorenmanschettenläsion gezeigt, ist die Indikation zur weiteren bildgebenden Diagnostik gegeben. Wie bereits erwähnt hat dabei die Bildgebung für die Beurteilung der Rotatorenmanschette in den letzten Jahren enorm an Bedeutung gewonnen. Dabei wird im konventionellen Röntgen mit der Impingement Serie aus anterior-posterior- und Supraspinatustunnelaufnahme das Gelenk in zwei Ebenen durchleuchtet. Hiermit können unterschiedliche Pathologien und Ursachen von Läsionen der Rotatorenmanschette aufgezeigt werden. Eine wichtige Rolle spielt die Form des Acromions, eventuelle Osteophyten, Kalziumdepots, Veränderungen des coracoacromialen Ligaments, knöcherne Ausrisse der Rotatorenmanschetten Insertion und Pathologien des Glenoids [12]. Als einer der sensitivsten Manifestationen von massiven Rotatorenmanschettendefekten zählen nach Kaneko et al. (1995) der humerale Hochstand und Deformitäten des Tuberkulum majus [87].

Die dynamische Ultraschalluntersuchung des Schultergelenks nimmt durch ihre schnelle Verfügbarkeit, der nicht vorhandenen Strahlenbelastung und dem Kostenvorteil immer mehr an Bedeutung zu. Dabei stellt vor allem die dynamische Komponente der Untersuchung einen Vorteil zur Beurteilung der Funktionalität der Rotatorenmanschette dar [88]. Nach Collin et al. (2015) ist die Ultraschalluntersuchung bei Rotatorenmanschettenläsionen etwas weniger sensitiv gegenüber der Magnetresonanztomographie (MRT) [89]. Dennoch ist die Ultraschall Untersuchung das Mittel der Wahl zur initialen Beurteilung [90].

Als Goldstandard zur Detektion von Rotatorenmanschettendefekten gilt die MRT-Untersuchung. In einer Studie erreicht die Beurteilung mittels MRT bei Schultern ohne bisherige Operation eine Sensitivität von 89% und eine Spezifität von 100% [91]. Mittels MRT können die Sehnen und Muskel der Rotatorenmanschette dargestellt werden, als auch die umliegenden Strukturen wie Knochen, Bursen und Weichteilgewebe. Die zusätzliche

Anwendung von Kontrastmittel liefert die genauesten Aussagen über die Größe und Lokalisation der Defekte, sowie den Grad der Retraktion, Verfettung und Atrophie der Muskeln.

#### **1.5.4 Einteilung der Rotatorenmanschettenrupturen**

Im Folgenden werden die aktuellen Klassifikationen zur Beschreibung vollständiger Rotatorenmanschettenrisse dargestellt. Die Rupturgröße wird nach Bateman und die Form nach Ellman angegeben [61]. Anhand der Lokalisation werden die Rupturen nach Habermeyer in Sektoren eingeteilt [29]. Der Grad der Retraktion der Sehnen wird nach Patte unterschieden [92]. Und die Beurteilung der fettigen Infiltration mittels Magnetresonanztomographie erfolgt mit der Klassifikation nach Thomazeau [29, 61, 92- 94].

In dem Review von Paulo Santoro Belangero und Kollegen (2013) zu Klassifikationssystemen von Rotatorenmanschettendefekten wird deutlich, dass für die vollständige Beschreibung einer Läsion mehrere Klassifikationen nötig sind. Sie stellten fest, dass zur Beschreibung von Defekten aktuell bis zu neun verschiedene Klassifikationen angewandt werden. Dabei konnte das Review kein eindeutiges Klassifikationssystem identifizieren, welches alle Faktoren beinhaltet. Vielmehr stellt es die Forderung nach einer umfassenden Klassifikation welche die Rissgröße, die Lokalisation, die Form, die Anzahl der betroffenen Sehnen, die Qualität des Gewebes, die CT/MRT Beurteilung der Atrophie, die Retraktion und die fettige Infiltration umfasst. Zudem sollte sich diese Klassifikation durch eine hohe Reliabilität auszeichnen [92, 93, 95].

Grundsätzlich werden Risse der Rotatorenmanschette in partiell und vollständig eingeteilt. Dabei spricht man von einem partiellen Riss, wenn sich der Riss, egal wie groß, nicht durch die vollständige Dicke der Sehne erstreckt. Bei einem vollständigen Riss ist dagegen die ganze Sehnendicke betroffen. Hierbei entsteht eine direkte Verbindung zwischen Gelenkhöhle und subakromialer Bursa [96]. Von einer Massenruptur spricht man, wenn mindestens zwei der vier Insertationsstellen der Rotatorenmanschette komplett abgerissen sind [97].

Die Größe der vollständigen Risse in antero-posteriorer Länge teilen DeOrio und Cofield (1984) in vier verschiedene Stufen ein. DeOrio klassifiziert Rotatorenmanschettenrisse unter einem Zentimeter als „klein“, zwischen einem und drei Zentimetern als „mittelgroß“, zwischen drei bis fünf Zentimetern als „groß“ und ab fünf Zentimetern als „massiv“ [98]. Dem entspricht annähernd die Einteilung von Bayne und Bateman (1984) in Grad I bei Rissen bis einem Zentimeter, Grad II zwischen einem und drei Zentimetern, Grad III bei Rissen zwischen drei und fünf Zentimetern und Grad IV bei globalen Rissen, bei denen

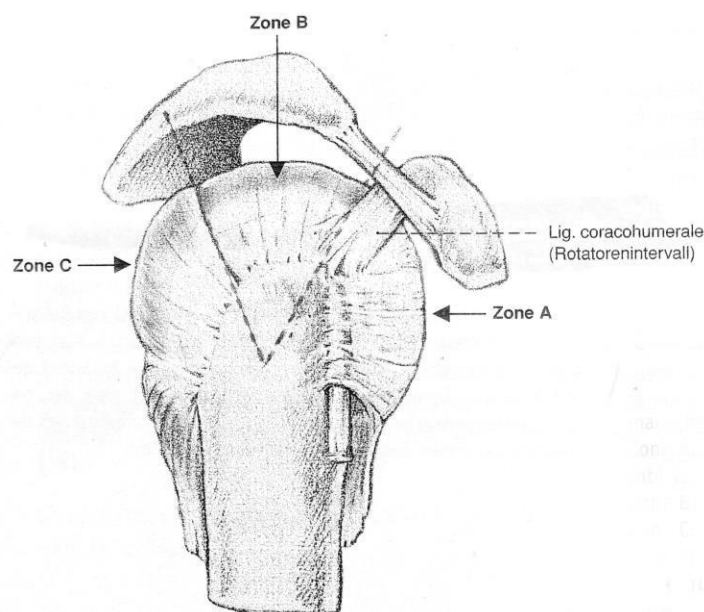
keine Rotatorenmanschette mehr vorhanden ist [45]. Bei beiden Systemen wird der dreidimensionale Charakter als auch die Anzahl der beteiligten Sehnen außer Acht gelassen.

In der Klassifikation nach Ellman und Gartsman findet die Form des Risses Berücksichtigung. Wie in Tabelle eins dargestellt, werden je nach der Form des Risses die Rupturen bezeichnet [61].

Rupturformen nach Ellman und Gartsman	
Transversal	Ruptur an Insertionsstelle
Crescent cable	Transversalruptur mit Deformierung durch SSC/ISP-Zug
L-förmig	Transversalruptur mit Ausbreitung in das Intervall zw. SSP und ISP
Reverse L-förmig	Transversalruptur mit Ausbreitung ins Rotatorenintervall
Trapezoidal	L-förmig + rev. L-förmig
Rotatorenmanschetten-Massenruptur	Ausbreitung im Teres minor oder ant. SSC

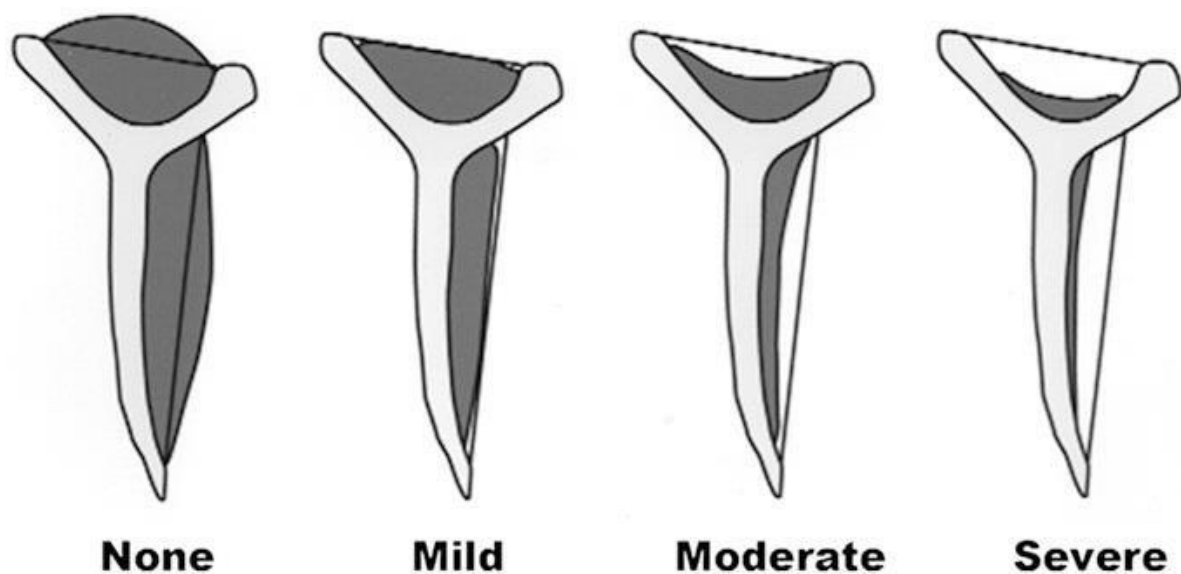
**Tabelle 1: Rupturformen nach Ellman und Gartsman [61]**

Die Sektoreneinteilung nach Habermeyer et al. (2006) befasst sich mit der Lokalisation der Läsionen der Rotatorenmanschette während der Arthroskopie des Schultergelenks. Der Zone A entspricht dabei dem Bereich des M. subscapularis, dem Rotatorenintervall und der langen Bizepssehne. Der kraniale Bereich der Supraspinatussehne umfasst die Zone B. Die Trennung von Zone A und B erfolgt über das Lig. coracohumerale. Von Zone C spricht man bei dorsalen Läsionen des M. infraspinatus und des M. teres minor. Die Grenze zwischen Zone B und C bildet die gedachte verlängerte Linie der Spina scapulae [45, 59, 61].



**Abbildung 5: Sektoreneinteilung nach Habermeyer zur Lokalisation der Rotatorenmanschettenläsion [29]**

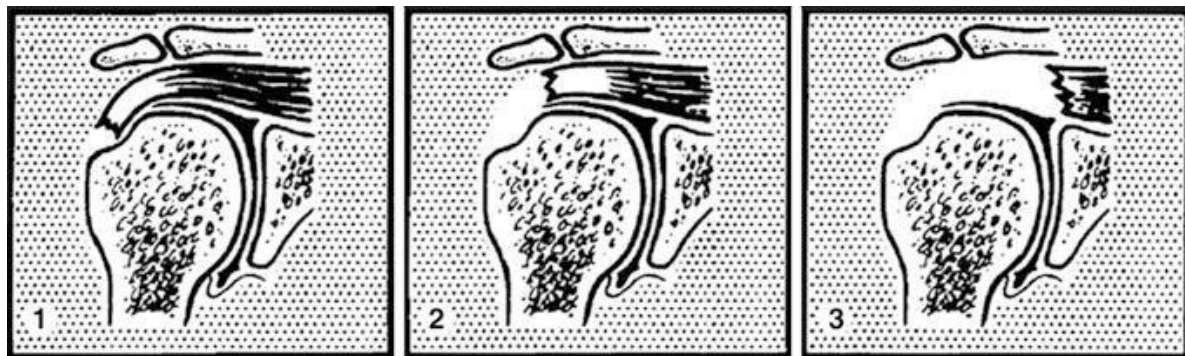
Die Beurteilung der Atrophie des Supraspinatusmuskels erfolgt nach Thomazeau. Mit Hilfe des MRT bei T1 Gewichtung und schräg-sagittaler Aufnahme wird die Atrophie des M. supraspinatus in seiner gleichnamigen Fossa dargestellt [45, 94]. Eingeteilt in drei Grade, wird zwischen leichter, moderater und schwerer Atrophie unterschieden. Thomazeau et al. (1997) beschrieben, wie in Abbildung sechs dargestellt die Atrophie durch das Verhältnis des Muskelbauches zu einer gedachten Linie zwischen Korakoid und Spina scapula sowie Korakoid und Spitze der Skapula [99]. Wölbt sich der Muskelbauch konvex über die Linie hinüber ist keine Atrophie vorhanden. Von milder Atrophie spricht man, wenn der Muskelbauch annähernd der gedachten Linie entspricht. Erreicht der Muskelbauch des M. supraspinatus nicht mehr die beschriebene Linie spricht man von einem positiven, also abnormalen Tangenzzeichen nach Zanetti (1998) [100]. Ist der Muskel erst unterhalb der Linie darstellbar bezeichnet man dies als schwere Atrophie. Modifiziert wurde die Klassifikation durch Warner et al. (2001) mit einer zusätzlichen Beschreibung der Muskelatrophie des M. infraspinatus [101]. Bei der Beurteilung der Atrophie sollte man die im Folgenden beschriebene Retraktion berücksichtigen um eine fehlerhafte Beurteilung der Atrophie zu vermeiden [102].



**Abbildung 6: Klassifikation der Muskelatrophie nach Thomazeau und modifiziert durch Warner in schräg sagittaler Aufnahme und in T1 gewichteter MRT [99, 101]**

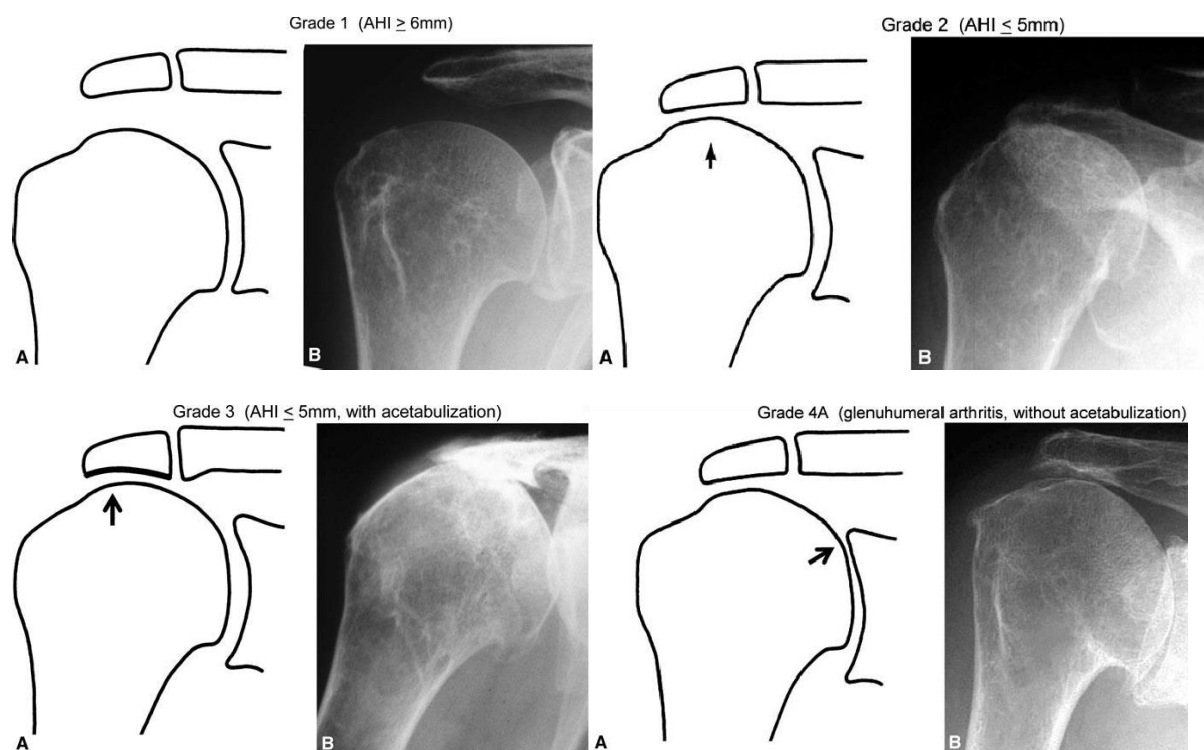
Die Klassifikation nach Patte (1990) umfasst mehrere Faktoren. Zum einem das Ausmaß des Risses, die Lokalisation in sagittaler Ebene und frontaler Ebene, die Qualität der verblieben Muskeln nach dem Riss, sowie den Zustand der langen Bizepssehne [92]. Dabei soll hier insbesondere die Retraktion der Supraspinatussehne in der Koronarebene mit T2- gewichteten MRT-Bildern vorgestellt werden. Wie in Abbildung sieben dargestellt, wird die Topographie der Sehne in der Frontalebene in drei Grade eingeteilt. Der erste Grad beschreibt die Retraktion des Sehnenstumpfes bis maximal zur Mitte des Humerus. In Stufe

zwei schreitet die Retraktion bis zum Glenoid fort. Bis letztendlich im dritten Grad der Sehnenstumpf bis medial zum Glenoid retrahiert ist [93].



**Abbildung 7: Retraktion der Sehnen nach Patte in der Koronarebene mittels T2-gewichteter Magnetresonanztomographie [92, 93]**

Daneben gibt es noch die computertomographische Einteilung der fettigen Infiltration des M. Supraspinatus nach Goutallier [103]. Anhand der Quantität der Fettstreifen innerhalb des Muskelbauches unterscheidet man fünf verschiedene Grade der Infiltration. Normaler Muskel wird mit Grad Null bezeichnet. Einige Fettstreifen innerhalb des Muskels entsprechen Grad I. Nimmt der Fettanteil zu, wobei dennoch der Muskel überwiegt, handelt es sich um Stufe III. Im letzten Grad überwiegt der Fettanteil gegenüber dem Muskel. Fuchs et al. (1999) übertrugen dieses System auf die Anwendung bei MRT Bildern. Hierbei wird in der Literatur jedoch die unzureichende Interrater-Reliabilität bemängelt [104].



**Abbildung 8: Klassifikation der Arthrose nach Hamada et al. [105] als A) Schema und B) Röntgenbild**

Hamada et al. entwickelten im Jahre 1990 speziell für komplette Rotatorenmanschettenrupturen eine Klassifikation zur Beurteilung der Arthrose im betroffenen Glenohumeralgelenk [105]. Zur Beurteilung der Arthrose wird hierbei der akromiohumerale Abstand gemessen. Wie bereits erwähnt gilt der AHA als einer der sensitivsten Parameter für Rotatorenmanschettendefekte [87]. Dabei unterscheidet Hamada et al. je nach dem Abstand des Humeruskopfes zum Akromion fünf Grade (siehe Abb. 8). Der erste Grad liegt vor, wenn der AHA mehr als fünf Millimeter beträgt. Vermindert sich dieser auf kleiner gleich fünf Millimeter wird dies als Grad II klassifiziert. Kommt nun eine Azetabulisierung des Akromions mit hinzu spricht man vom Grad III. Der Grad IV wird unterteilt in IVa mit glenohumeraler Arthritis ohne Azetabulisierung und IVb mit Azetabulisierung. Kommt es schließlich zur Osteonekrose des Humeruskopfes bei einem AHA unter sechs Millimeter spricht man von einer Arthrose fünften Grades nach Hamada [105].

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Studiendesign**

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine prospektive randomisierte klinische Studie. Sie dient der Analyse der Unterschiede im klinischen Outcome nach erfolgreichem Muskeltransfer mittels M. latissimus dorsi oder M. teres major. Der Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung lag bei mindestens 24 Monaten. Die subjektiven Beschwerden der Patienten wurden mittels des Constant Score verglichen. Präoperativ als auch postoperativ wurde eine Röntgen und Ultraschall Untersuchung durchgeführt. Hierbei wurde zum einem der Akromiohumere Abstand, Gelenkzentrierung und Arthrosegrad nach Hamada bestimmt, als auch die Integrität der Rotatorenmanschette, beziehungsweise transferierte Muskel bestimmt. Die durchschnittliche Kraft wurde bei Abduktion in 90 Grad gemessen.

### **2.2 Einschlusskriterien**

Einschlusskriterien für die Studie waren chronische irreparable posterosuperiore Rotatorenmanschettenmassenrupturen. Die Diagnose wurde aufgrund der klinischen Untersuchung, Constant Score, Röntgenbild in drei Ebenen und MRT gestellt. Alle Patienten zeigten eine Schwäche der Außenrotation und eine komplette Ruptur der Muskeln Supraspinatus und Infraspinatus. Dabei lag bei allen dokumentierten Fällen jeweils eine mindestens drittgradige Rupturgröße nach Bateman [45], eine höher gradige (>2) fettige Muskeldegeneration nach Thomazeau [94], sowie drittgradige Retraktion nach Patte [92] vor. Im anterior-posterior Röntgenbild wurde der akromiohumere Abstand als morphologisches Korrelat der Humeruskopfkränialisierung bestimmt. Nach Hamada [105] wurde der Arthrosegrad bei bestehenden Rotatorenmanschettendefekten angegeben.

Die Operationsindikation setzte das Versagen der konservativen Therapie unter Rücksichtnahme der degenerativen Vorschäden oder aber der akuten Unfallsituation bei jüngeren Patienten mit klinisch relevanten Funktionsstörungen voraus. Das primäre Ziel der Operation war die Schmerzlinderung. Sekundär sollten die Funktion, die Zentrierung, die Kraft und der Bewegungsumfang der Schulter wiederhergestellt werden. Zudem sollte eine kraniale Migration des Humeruskopfes verhindert werden [61].

## **2.3 Ausschlusskriterien**

Es durfte kein Rentenbegehren bestehen sowie keine Revisionsoperation vorliegen. Darüber hinaus wurden neuro- oder muskuloskeletalen Erkrankungen ausgeschlossen, die die Schulterfunktion beeinträchtigen würden. Patienten mit zusätzlicher M. subscapularis Sehnenruptur wurden nicht in die Studie aufgenommen.

## **2.4 Patientenkollektiv**

Zwischen den Jahren 2009 und 2014 wurden konsekutiv 61 Patienten mit einer chronisch irreparablen posterosuperioren Rotatorenmanschettenmassenruptur operativ versorgt. Aus verschiedenen Gründen sind 16 Patienten aus der Studie ausgeschlossen worden. Bei einem Patient erfolgte nach erneutem Trauma eine endoprothetische Versorgung des Schultergelenks. Weitere elf Patienten konnten, trotz zufriedenstellender Ergebnisse aus persönlichen Gründen die Termine zur Nachuntersuchung nicht wahrnehmen und vier der Patienten waren unbekannt verzogen.

Insgesamt erfüllten 45 Patienten die Einschlusskriterien mit einem Mindest-Follow Up von 24 Monaten. Dabei erhielten 20 Patienten (44 %) einen M. latissimus dorsi Transfer (G1) und 25 Patienten (56 %) wurden mit einem M. teres major Transfer (G2) versorgt. Das durchschnittliche Alter aller Patienten belief sich auf 64 Jahre bei einem Minimum von 43 Jahren und einem Maximum von 73 Jahren.

Die Mehrheit der Patienten, insgesamt 24 Patienten (53,3 %) war bereits an der betroffenen Schulter voroperiert. Als Ätiologie der Rotatorenmanschettendefekte gab insgesamt die Hälfte der Patienten ein traumatisches Geschehen an, wobei zwei der Patienten hierzu keine Angaben machten.

Der überwiegende Teil, insgesamt 31 der Patienten (68,9 %) waren männlich und 14 Patientinnen (31,1 %) weiblich. Dabei kam der Defekt überwiegend bei 29 Patienten (64,4%) in der rechten Schulter vor. So waren auch bei der Mehrheit, insgesamt 33 Patienten (73,3 %) die rechte Hand die dominante Seite.

Bei allen Patienten lag eine vollständige Ruptur des M. supraspinatus und infraspinatus vor. Bei 17 Patienten (37,8 %) wurde eine Ruptur der langen Bizepssehne intraoperativ diagnostiziert. Lediglich bei zwei Patienten (4,4 %) wurde eine Ruptur des Muskels Teres minor gefunden.



## 2.5 Operatives Vorgehen

### 2.5.1 Lagerung und Narkose

Die Lagerung des Patienten erfolgte in Seitenlage und angehobenem Oberkörper. Die Betroffene Extremität wurde über Doppelarmhalter extendiert. Anschließend erfolgte die weiche Polsterung der Nervendruckpunkte. Die betroffene Schulter wurde zirkulär abgedeckt und der Arm in sterile Tücher gewickelt. Von Seiten der Anästhesie erfolgt eine Intubationsnarkose mit zusätzlichem Block des Plexus brachialis und die Anlage eines Schmerzkatheters für die postoperative Versorgung.

### 2.5.2 Zugang und Operationstechnik

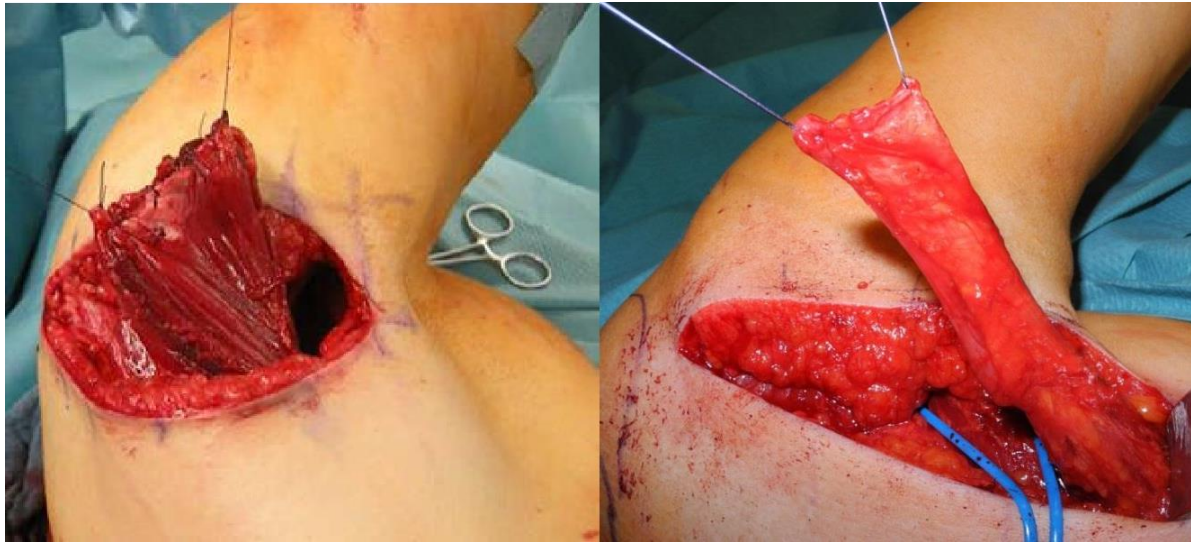
Der Zugang erfolgte nach der von Habermeyer et al. im Jahre 2006 erstbeschriebenen und anschließend modifizierten Single Inzision Technik [9]. Vor dem eigentlichen Sehnentransfer wurde eine diagnostische Arthroskopie und falls nötig eine Tenotomie der langen Bizepssehne durchgeführt. Der Zugang wurde posterior über eine bogenförmige Inzision gewählt. Der Schnitt (siehe Abb. 9) ging vom Bereich des posterioren Arbeitsportals bis zum Apex der Axilla. Anschließend Präparation der darunter liegenden Muskelgruppen des M. deltoideus pars spinalis, Caput longum des M. trizeps, M. teres major und M. latissimus dorsi.



**Abbildung 9:** Die Abbildung zeigt die präoperative Schnittführung

Im nächsten Schritt wurden die Muskeln Latissimus dorsi und Teres major sorgfältig voneinander getrennt. Dabei musste auf eine Verletzung des Nervus axillaris in der hinteren Achsellücke und des Nervus radialis am Unterrand des Muskel Latissimus dorsi geachtet

werden. Um iatrogene Schäden zu vermeiden erfolgte eine Neurolyse zur Schonung und Darstellung der Leitungsbahnen. Die thorakodorsalen Gefäße und der Nerv wurden ebenfalls identifiziert und dargestellt. Nun erfolgt vorsichtig das Ablösen der Sehne des jeweiligen Muskels an seinem Ansatz der Crista humeri. Der Arm wurde in 90° Abduktion



**Abbildung 10:** Die Abbildung zeigt im linken Bild den Transfer des M. teres major und im rechten Bild die präparierte Sehne des Latissimus dorsi Flap

und maximaler Innenrotation gehalten. Die Sehne des Muskelflaps wurde nun mobilisiert und zur Stelle der knöchernen Insertion neben dem Ansatz des Muskel Infraspinatus versetzt. Die Darstellung des Muskel Infraspinatus erfolgt über das Intervall zwischen den Muskel Deltoideus und Teres major. Zur Darstellung der Tuberkulum innominatum wurde der Arm nun um 90° flektiert und maximal außenrotiert. Daraufhin wurden der posterosuperiore Teil der Muskelmanschette und das glenohumerale Gelenk beurteilt. Es



**Abbildung 11:** Die Abbildung zeigt die Reinsertionsstelle neben dem Ansatz des M. infraspinatus

erfolgte keine Akromioplastik. Nun wurde die harte Oberkante des Tuberkulum majus angefrischt im Sinne einer Tuberkuloplastik, um optimale Verhältnisse für die Reinsertion

der transferierten Sehne zu schaffen. In einem Bereich von drei Zentimetern wurde an der posterioren superioren Seite des Tuberkulum majus der Einsatz von drei Corkscrew-Titaniumschrauben präpariert. Diese Fadenanker dienten der Aufnahme von Fibrewires No. 2 und wurden im Abstand von einem Zentimeter platziert. Mit Hilfe einer modifizierten Mason-Allen Nahttechnik wurde der Muskel durch Fibrewire Fäden mit den Corkscrew-Ankern neu fixiert. Anschließend wurde die Stabilität der Rekonstruktion und die Vitalität des Muskelflaps kontrolliert. Nach Anlage einer Redondrainage folgte der schichtweise Wundverschluss. Zuletzt wurde ein Kompressionsverband angelegt und der Arm in einer Gilchristeschiene immobilisiert [9].

### **2.5.3 Postoperative Rehabilitation**

Die betroffene Schulter wurde nach dem Muskeltransfer für 48 Stunden in einer Armschlinge und anschließend für weitere drei Wochen in einem Abduktionskissen ruhig gestellt. Dabei war in den ersten drei Wochen passives Bewegen der Schulter limitiert auf folgende Werte:

- 30° Abduktion,
- 30° Flexion,
- 60° Innenrotation und
- 0° Außenrotation.

Zwischen der vierten und sechsten postoperativen Woche wurde das passive Bewegen bis auf folgende Werte erlaubt:

- 60° Abduktion,
- 90° Flexion,
- 60° Innenrotation und
- 0° Außenrotation.

Nach der sechsten postoperativen Woche konnte die Schulter im vollen Umfang bewegt werden. Kraftaufbau der Schulter sollte erst nach der achten postoperativen Woche und vollem passiven Bewegungsumfang erfolgen.

Die zeitlich gestaffelte und stufenweise Belastungssteigerung sollte mit Kraft und Koordinationstraining mittels passiven Bewegungsübungen und später aktiver Muskelkräftigung erreicht werden. Augenmerk lag vor allem darauf, ein Gleichgewicht zwischen Kopfdepressoren, Skapulastabilisatoren und dem M. deltoideus zu erreichen [61].

## **2.6 Nachuntersuchung**

### **2.6.1 Klinische Untersuchung**

Die in die Studie eingeschlossenen Patienten wurden drei, sechs, zwölf und 24 Monate postoperativ nachuntersucht. In der Nachuntersuchung erfolgte eine klinische Evaluation nach Constant und Murley [106] und dem Subjective Shoulder Value (SSV) nach Gerber [107], die im Folgenden erläutert werden. Bei der körperlichen Untersuchung wurden neben dem aktiven und passiven Bewegungsumfang auch spezifische Funktionstest wie das Hornblower Zeichen, der Drop-Arm Test und das ARO-Lag-Zeichen durchgeführt. Die maximale Kraft wurde bei Außenrotation und Abduktion gemessen. Die Integrität des Muskelflaps und der noch bestehenden Manschette wurden mittels Ultraschall untersucht. Außerdem wurde zur Beurteilung der knöchernen Strukturen und des AHA eine radiologische Untersuchung durchgeführt.

### **2.6.2 Costant Murley Score [106]**

Der Constant-Murley Shoulder Score (CS), erstmals publiziert im Jahre 1987, ist mittlerweile ein weit angewandtes Outcome Bewertungssystem für Schulterstörungen und Behandlungen [106]. Es ist das empfohlene Scoring-System der European Society of Shoulder & Elbow Surgery (SECEC/ESSE).

Nach der Erstpublikation gab es einige Erweiterungen zur Standardisierung der Untersuchung. Insbesondere bei der Kraftmessung wurden die Werte nach Alter und Geschlecht korrigiert. Ebenfalls forderten einige Autoren die Armposition zu definieren. Die Kraftmessung sollte bei 90° Abduktion geschehen [108]. Bei Unfähigkeit des Patienten 90° Grad Abduktion zu erreichen, sollte die Kraftmessung bei dem bestmöglichen Niveau des Patienten erfolgen. Im Jahre 2008 holten Constant et al. eine Festlegung der Messmethodik nach. Dabei ist eine wichtige Forderung die Kraft am Handgelenk und bei 90° Abduktion zu messen [109]. Bei geringerer Abduktion seien die Werte für die Kraft auf Null zu setzen. Im Jahre 2004 setzten Böhm et al. eine Fragebogenversion des Constant- Score zur Selbstevaluation durch den Patienten um, welche auch in dieser Studie Anwendung fand [110].

Wie Abbildung zwölf zeigt, beginnt der Fragebogen mit einer visuellen Analogskala von null bis 15. Der maximale Wert von 15 Punkten entspricht dabei keinem Schmerz und null Punkte dem maximal empfindbaren Schmerz. Dem folgt die Einschätzung des Patienten über die Einschränkung bei der Arbeit, in der Freizeit und im Schlaf. Insgesamt sind hier maximal zehn Punkte möglich. Der Patient sollte nun angeben bis zu welcher Arbeitshöhe (Gürtelhöhe bis maximal über den Kopf) er die betroffene Extremität ohne Schmerzen aktiv

heben kann. Dabei entsprechen schmerzlose Aktivitäten über Kopf dem höchstmöglichen Wert von zehn Punkten.

<b>Schmerzen (15 Punkte)</b>	a.	keine	milde	mäßige	starke	Mittelwert a + b	<input type="text"/> max. 15
	b.	<input type="text"/> 15	<input type="text"/> 10	<input type="text"/> 5	<input type="text"/> 5		
Selbsteinschätzung (0–15)							
<b>Aktivität des täglichen Lebens (20 Punkte)</b>	Arbeitsfähigkeit		voll	<input type="text"/> 4			
			zur Hälfte	<input type="text"/> 2			
			nicht gegeben	<input type="text"/> 0			
	Freizeitaktivität		voll	<input type="text"/> 4			
	z.B. Sport		zur Hälfte	<input type="text"/> 2			
			nicht gegeben	<input type="text"/> 0			
	Schlaf		ungestört	<input type="text"/> 2			
			z.T. gestört	<input type="text"/> 1			
			stark gestört	<input type="text"/> 0			
	schmerzlose Erreichbarkeit:		Überkopf	<input type="text"/> 10			
			Scheitel	<input type="text"/> 8			
			Nacken	<input type="text"/> 6			
			Xiphoid	<input type="text"/> 4			
			Gürtellinie	<input type="text"/> 2	<input type="text"/> max. 20		
<b>Beweglichkeit (40 Punkte)</b>	0–30°	31–60°	61–90°	91–120°	121–150°	151–180°	
Anteversion (schmerzfrei)	<input type="text"/> 0	<input type="text"/> 2	<input type="text"/> 4	<input type="text"/> 6	<input type="text"/> 8	<input type="text"/> 10	<input type="text"/> max. 10
Abduktion (schmerzfrei)	<input type="text"/> 0	<input type="text"/> 2	<input type="text"/> 4	<input type="text"/> 6	<input type="text"/> 8	<input type="text"/> 10	<input type="text"/> max. 10
Außenrotation (schmerzfrei)							
Hand am Hinterkopf mit	Ellenbogen nach vorne			<input type="text"/> 2	Ellenbogen nach hinten		<input type="text"/> 2
Hand auf Scheitel mit	Ellenbogen nach vorne			<input type="text"/> 2	Ellenbogen nach hinten		<input type="text"/> 2
	volle Elevation vom Scheitel aus			<input type="text"/> 2			<input type="text"/> max. 10
Innenrotation (schmerzfrei)							
Handrücken auf	Außenseite des Oberschenkels			<input type="text"/> 0			
	Gesäß			<input type="text"/> 2			
	lumbosacralem Übergang			<input type="text"/> 4			
	L3			<input type="text"/> 6			
	Th12			<input type="text"/> 8			
	den Schulterblättern			<input type="text"/> 10	<input type="text"/> max. 10		
<b>Kraftmessung (25 Punkte)</b>	Kraftmessung (1/2 kg = 1 Punkt, max: 12,5 kg = 25 Punkte)						
Die Kraftmessung erfolgt im Stehen oder Sitzen, der gestreckte Arm wird in der Scapulaebene abduziert und die Meßeinrichtung direkt proximal des Handgelenkes angebracht. Meßdauer 3 Sekunden							
							<input type="text"/> max. 25

**Abbildung 12: Fragebogenversion des Constant Murley Score mit Angabe der maximalen Punkteanzahl [111]**

Die objektiven Parameter beschreiben den Bewegungsumfang: jeweils zehn Punkte für die schmerzfreie Flexion, aktive Abduktion, sowie Innen- und Außenrotation. Während die Abduktion und Flexion je nach ihrem maximal erreichten Winkel eingeteilt werden, erfolgte

die Einteilung der Innen- und Außenrotation nach ihrer funktionellen Relevanz. Insgesamt sind hierfür 40 Punkte möglich. Zuletzt wurde die isometrische Kraft in Kilogramm bei 90° Grad Abduktion gemessen.

### **SSV nach Gerber [107]**

Der Subjective Shoulder Value (SSV) nach Gerber ist definiert als die subjektive Beurteilung der erkrankten Schulter ausgedrückt in Prozent durch den Patienten. Dabei wird der Patient gebeten, die Globalfunktion bestehend aus Schmerz, Funktionalität und Einschränkung der betroffenen Schulter im Verhältnis zu einer absolut gesunden Schulter als Prozentsatz zwischen null und 100 % anzugeben. Die Frage lautet: Was ist der allgemeine Prozentwert ihrer Schulter, wenn eine vollkommene normale Schulter 100% darstellt? Es ist ein wichtiges Instrument, um etwaige Pathologien in der Diagnostik in Relation zur subjektiv empfundenen Einschränkung des Patienten zu sehen. Es wurde insbesondere postoperativ eine direkte Korrelation zwischen den Ergebnissen des Constant Scores und dem des SVV nach Gerber festgestellt [107].

### **2.6.3 Sonographie**

Für diese Studie wurde zur sonographischen Untersuchung ein 7,5 MHz Linearschallkopf der Firma Siemens verwendet. Die Untersuchung erfolgte am sitzenden Patienten mit entkleidetem Oberkörper. Dabei wird das Schultergelenk mittels der Richtlinien des Arbeitskreises „Stütz- und Bewegungsorgane“ der DEGUM und der DGOOC in sechs Standard-Schnittebenen beurteilt. Diese umfasst in den drei Regionen dorsal, lateral- superior und ventral jeweils einen Transversalschnitt als auch einen Longitudinalschnitt. Kayser et al. (2005) untersuchten 230 Patienten nach DEGUM Schemata und konnten dabei für die Diagnostik eines Rotatorenmanschettendefekts eine Sensitivität von 99 % und eine Spezifität von 99 % feststellen [112]. Nach Habermeyer et al. (2006) gelten in der dynamischen sonographischen Untersuchung für Rotatorenmanschettendefekte drei sichere Zeichen:

- Fehlen der Sehnenstruktur
- Veränderung der Sehnenform
- Fehlendes Mitbewegen der Sehne bei dynamischer Untersuchung

Daneben gelten die Konturumkehr, die Echogenitätsveränderungen sowie der Humeruskopf-Hochstand als unsichere Zeichen und benötigen die Beurteilung im Seitenvergleich oder weitere Diagnostik [111].



#### **2.6.4 Röntgen**

Jeweils präoperativ, postoperativ und bei der jeweiligen Nachuntersuchung wurde ein Standard-Röntgenbild in drei Ebenen aufgenommen. Eine anterior-posterior Aufnahme mit Arm in Neutralstellung, eine axilläre Aufnahme und eine Outlet-Aufnahme wurden zur Beurteilung im Verlauf durchgeführt. Der Grad der glenohumeralen Arthrose wurde klassifiziert nach Hamada und in fünf Grade eingeteilt.[105]. In der anterior-posterior Aufnahme wurde der akromiohumerales Abstand gemessen und somit die Humeruskopf Kranialisierung bestimmt. Zusätzlich wurde mit Hilfe des Gotischen Bogens die Zentrierung des Gelenks erfasst.

#### **2.7 Statistik**

Die Auswertung der gesammelten Daten erfolgte mit dem Programm SPSS Version 19. (IBM New York, Armonk). Insgesamt wurden zwei verschiedene Tests durchgeführt. Für die Analyse der Ergebnisse von präoperativ zu postoperativ wurde der Wilcoxon Signed Rank Test angewandt. Mit Hilfe dieses Tests wurden die signifikanten Veränderungen der präoperativen Werte des Constant Score, die Parameter der klinischen und radiologischen Untersuchung mit den Werten der Nachuntersuchung mit mindestens zwei Jahren verglichen.

Für den Vergleich der Werte aus den Gruppen G1 sowie G2 und Ausarbeitung signifikanter Unterschiede zwischen den postoperativen Daten von M. latissimus dorsi und M. teres major Transfer wurde der Mann-Whitney Test verwendet. Das Signifikanzniveau wurde auf  $P \leq 0,05$  festgesetzt.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Ergebnisse mit M. latissimus dorsi Muskeltransfer (G1)

##### Epidemiologie

Insgesamt hatten 20 Patienten einen M. latissimus dorsi Transfer erhalten. Dabei befanden sich 13 männliche (65,0 %) und sieben weibliche Patienten (35,0 %) in der Gruppe. Im Durchschnitt lag das Alter bei 62 Jahren (Min. 43; Max. 73). Bei 14 Patienten (70,0 %) war die rechte Seite dominant und bei ebenso vielen war die rechte Seite betroffen. Die überwiegende Mehrheit, insgesamt 14 Patienten (70,0 %) hatten bereits eine Voroperation der betroffenen Seite. Als Ätiologie wurde von elf Patienten (57,9 %) ein traumatisches Geschehen angegeben. Intraoperativ hatten neun Patienten (45,0 %) eine Ruptur der langen Bizepssehne. Nur bei einem Patienten (5,0 %) lag eine Ruptur des M. teres minor vor.

##### Das Bewegungsausmaß

Innerhalb der Gruppe mit Latissimus dorsi Flap lag die aktive Flexion präoperativ im Durchschnitt bei  $93 \pm 51,2$  Grad mit einem Minimum von 30 und einem Maximum von 170 Grad. In der Nachuntersuchung zeigte sich eine signifikante Verbesserung mit einem P- Wert von 0,001. Die aktive Flexion nahm auf  $161 \pm 27,9$  Grad zu (Min.: 80; Max. 180). Bei der aktiven Abduktion wurden präoperativ im Mittel  $93 \pm 46,3$  Grad erreicht, mit einem Minimum von 30 und einem Maximum von 180 Grad. Diese verbesserte sich postoperativ signifikant ( $P=0,001$ ) auf durchschnittlich  $160 \pm 28,4$  Grad mit einem Minimum von 80 und

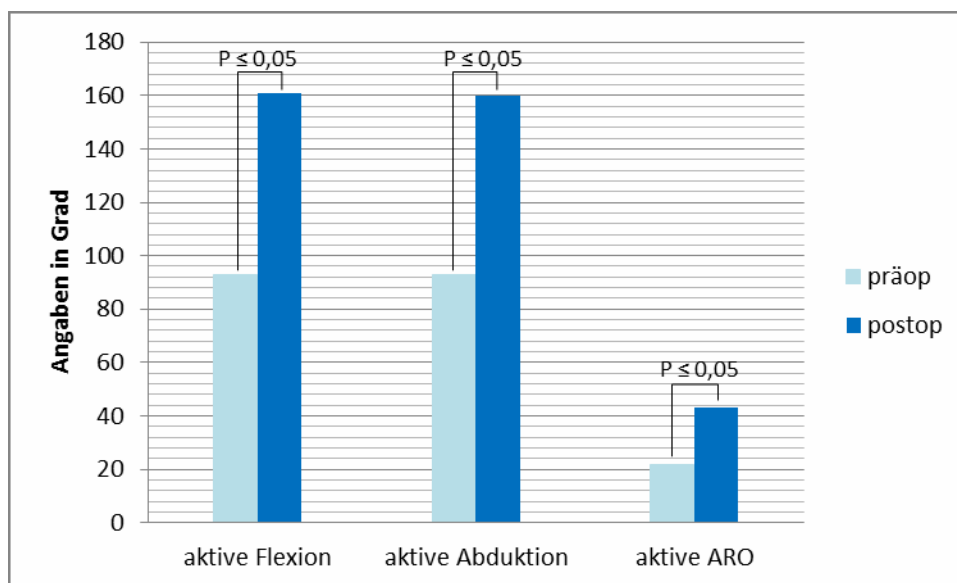


Abbildung 13: Bewegungsausmaß von präoperativ zu postoperativ bei LDT



einem Maximum von 180 Grad. Die präoperative aktive Aussenrotation lag im Median bei  $22 \pm 19,1$  Grad mit einem Minimum von -20 und einem Maximum von 50 Grad. Postoperativ zeigte sich in der Nachuntersuchung eine signifikante Verbesserung ( $P=0,003$ ) mit einer durchschnittliche Zunahme auf  $43 \pm 27,7$  Grad mit einem Minimum von null und einem Maximum von 80 Grad.

## Funktionelle Tests

Das Außenrotations-Lag-Zeichen war präoperativ bei 15 Patienten (78,9 %) positiv und verbesserte sich signifikant auf vier Patienten (21,1 %) in der Nachuntersuchung mit einem P-Wert von 0,004. Das Hornblower-Zeichen war lediglich bei vier Patienten (28,6 %) präoperativ positiv und verbesserte sich in der Nachuntersuchung auf drei Patienten (17,6 %). Dabei kam es zu keiner signifikanten Verbesserung ( $P=0,32$ ).

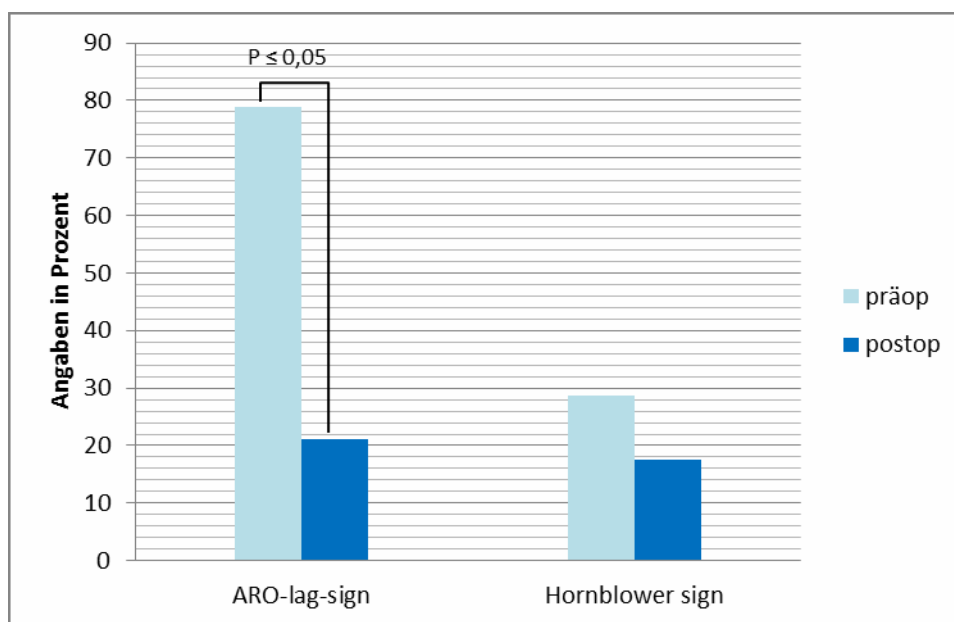
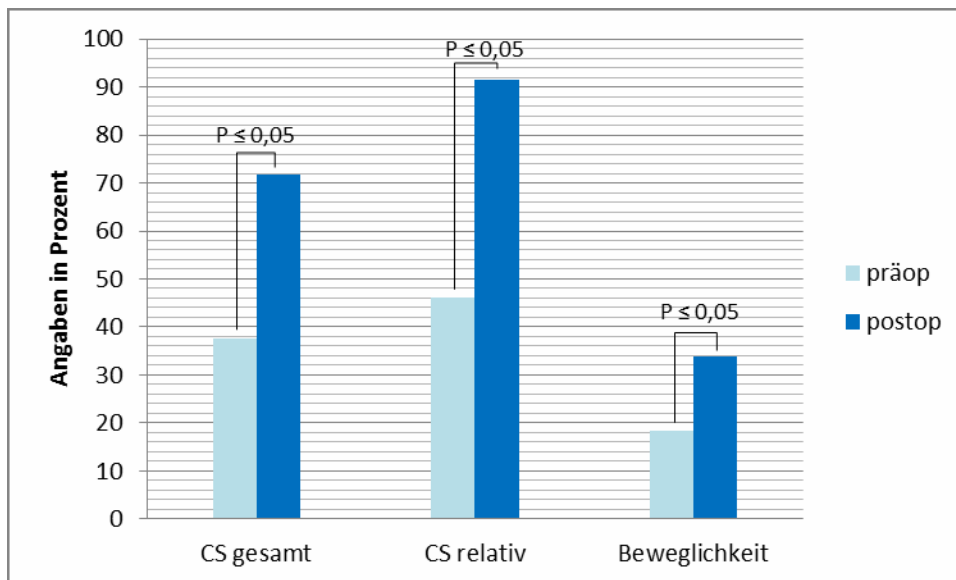


Abbildung 14: Spezifische positive Funktionstests präoperativ vs. postoperativ bei LD Transfer

## Parameter des Constant Score

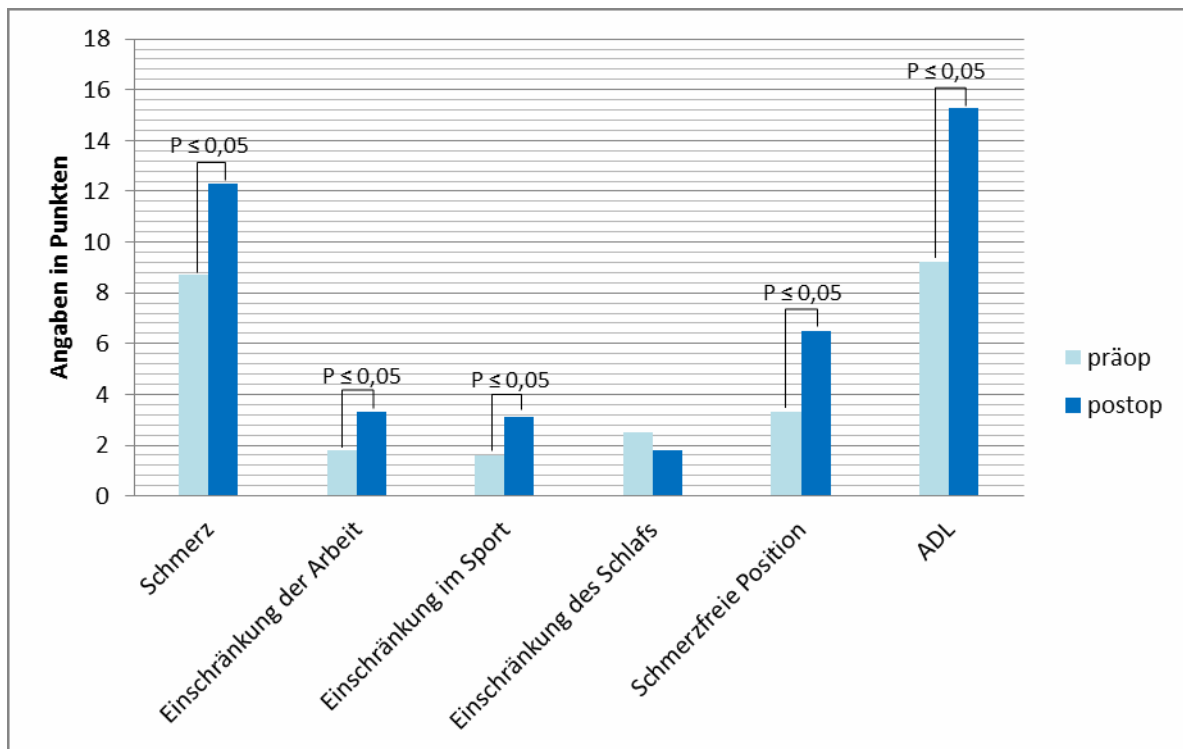
Im gesamten Constant Score wurde präoperativ ein durchschnittlicher Wert von  $37,5 \pm 15,3$  Punkten erreicht (Min. 17; Max. 66,7). Dieser Wert stieg in der Nachuntersuchung von durchschnittlich 29 Monaten auf durchschnittlich  $71,7 \pm 14$  Punkte an (Min. 31; Max. 91,1). Dies entspricht einer signifikanten Verbesserung mit einem P-Wert von 0,001. Für den relativen Constant Score lag präoperativ ein Durchschnittswert von  $46,2 \pm 17$  Punkten vor (Min. 18,9; Max. 74,1). Hierbei kam es ebenfalls zu einer signifikanten Verbesserung ( $P=0,001$ ). Der Durchschnittswert in der Nachuntersuchung lag bei  $91,5 \pm 21,1$  Punkten (Min. 34,5; Max. 120,9).

Auf der Schmerzskala gaben die Patienten im Durchschnitt  $8,7 \pm 3,4$  Punkte an (Min. 4; Max. 14). Dabei kam es in der Nachuntersuchung zu einer signifikanten Verbesserung der postoperativen Werte mit einem P-Wert von 0,001. Die Patienten gaben nun postoperativ im Durchschnitt  $12,3 \pm 3,1$  Punkte an, bei Werten zwischen vier und maximal 15 Punkten.



**Abbildung 15: Parameter des CS im Vergleich von präoperativ zu postoperativ bei LDT**

Im Abschnitt Einschränkung der Arbeit im Constant Scores wählten die Patienten präoperativ einen durchschnittlichen Wert von  $1,8 \pm 1,1$  Punkte mit einer Spanne von null bis maximal vier Punkten. Diese Einschränkung verbesserte sich in der Nachuntersuchung signifikant ( $P < 0,001$ ). So gaben die Patienten schließlich einen durchschnittlichen Wert von  $3,3 \pm 1,0$  Punkten an mit einer Spanne von null bis maximal vier Punkten. Für Einschränkungen im Sport wurden präoperativ durchschnittlich  $1,6 \pm 1,2$  Punkte angegeben (Min. 0; Max. 3). Diese Angaben verbesserten sich in der Nachuntersuchung signifikant ( $P < 0,001$ ). Insgesamt erreichten die Patienten nun durchschnittlich  $3,1 \pm 1,1$  Punkte, bei Werten zwischen null und maximal vier Punkten. In Bezug auf Einschränkungen des Schlafs ergab sich präoperativ im Constant Score durchschnittlich ein Wert von  $2,5 \pm 4,9$  Punkte (Min. 0; Max. 21). In der Nachuntersuchung zeigte sich keine signifikante Verbesserung bei einem P-Wert von 0,141 (Signifikanzniveau  $P < 0,05$ ). Denn im Median wurden  $1,8 \pm 1,2$  Punkte erreicht mit einem Minimum von null und einem Maximum von sechs Punkten. Zusammengefasst in Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL) ergab das im Durchschnitt  $9,2 \pm 6,2$  Punkte, bei Werten zwischen drei und maximal 31 Punkten. In der Nachuntersuchung waren die Patienten nun deutlich weniger eingeschränkt mit durchschnittlich  $15,3 \pm 4,9$  Punkten (Min. 5; Max. 20). Dies zeigte eine signifikante Verbesserung mit einem P-Wert von 0,001.



**Abbildung 16: Parameter des CS im Vergleich von präoperativ zu postoperativ bei LDT**

Präoperativ gaben die Patienten im Constant Score für die schmerzfreie Position einen Wert von durchschnittlichen  $3,3 \pm 1,6$  Punkten an (Min. 0; Max. 6), dies entspricht etwa dem Bereich zwischen Gürtellinie und Xiphoid. Diese Position verbesserte sich signifikant im Mittel bis zum Nackenbereich bei einem  $P=0,001$ . In der Nachuntersuchung gaben nun die Patienten durchschnittlich  $6,5 \pm 3,7$  Punkte an mit einer Spanne von null bis maximal zehn Punkten. Bei der Beweglichkeit lag der präoperative Wert im Constant Score bei den Patienten im Durchschnitt bei  $18,4 \pm 9,4$  Punkten mit einem Minimum von vier und einem Maximum von 36 Punkten. In der Nachuntersuchung nahm die Beweglichkeit bei den Patienten signifikant zu ( $P<0,001$ ) auf durchschnittlich  $33,9 \pm 4,3$  Punkte mit einer Spanne von 22 bis maximal 40 Punkten.

### **SSV nach Gerber**

Im präoperativen Subjective Shoulder Value nach Gerber gaben die Patienten einen durchschnittlichen Wert von  $41,3 \pm 17,1$  % an mit einem Minimum von 15 % und einem Maximum von 70 %. Postoperativ wurde durchschnittlich ein Wert von  $76\% \pm 17,4$  erreicht mit einem Minimum von 30 % und einem Maximum von 100 %. Dies zeigt sich als signifikante Verbesserung mit einem P-Wert von 0,026.



Abbildung 17: SSV im Vergleich von präoperativ zu postoperative bei LDT

## Kraft

Präoperativ wurde in der Gruppe mit M. latissimus dorsi Transfer durchschnittlich eine Kraft von  $0,37 \pm 0,9$  kg bei maximaler Abduktion mit einem Minimum von null Kilogramm und einem Maximum von 2,6 kg gemessen. Postoperativ zeigte sich in der Nachuntersuchung eine deutliche Zunahme der Kraft von durchschnittlich  $2,3 \pm 1,9$  kg mit einem Minimum von null und einem Maximum von sechs Kilogramm. Wobei es sich hierbei um eine signifikante Veränderung handelt mit einem P-Wert von 0,035.

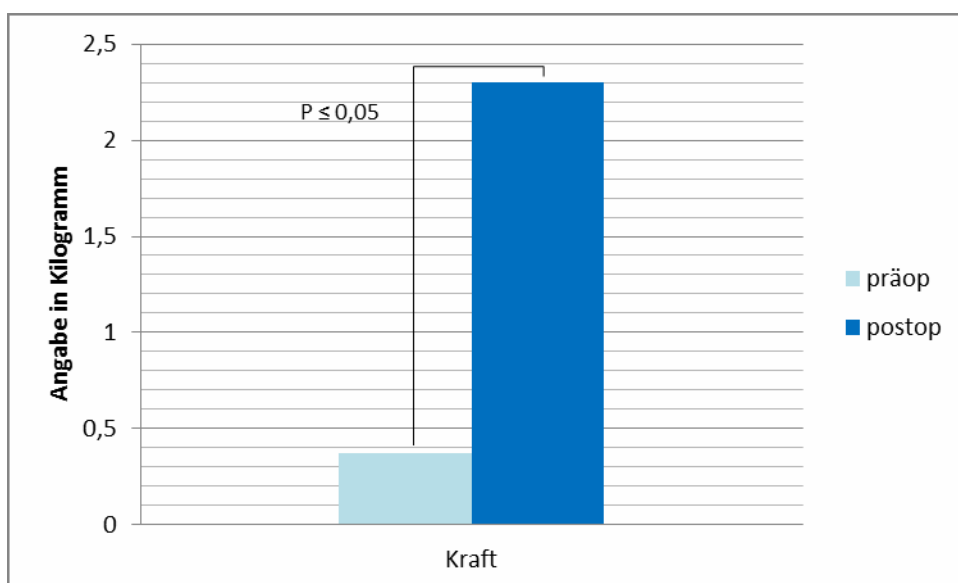


Abbildung 18: Kraftzunahme der Abduktion von präoperativ zu postoperative bei LDT

## Radiologische Untersuchung

Lediglich bei drei Patienten (25 %) war das glenohumerale Gelenk präoperativ zentriert (Gotischer Bogen). Postoperativ war dies bei sieben Patienten (41,2 %) der Fall. Dies stellt eine deutliche Verbesserung dar, jedoch statisch nicht signifikant mit einem P-Wert von 1,0. In der präoperativen Klassifikation nach Hamada [105] hatten sieben Patienten (53,8 %) eine Arthrose ersten Grades. Weitere sechs Patienten (46,2 %) hatten eine zweitgradige Arthrose. In der Nachuntersuchung waren es schließlich acht Patienten (47,1 %) mit einer Arthrose ersten Grades, fünf Patienten (29,4 %) mit einer Arthrose zweiten Grades und vier Patienten (23,5 %) mit einer drittgradigen Arthrose nach Hamada. Es zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied mit einem P-Wert von 0,41.

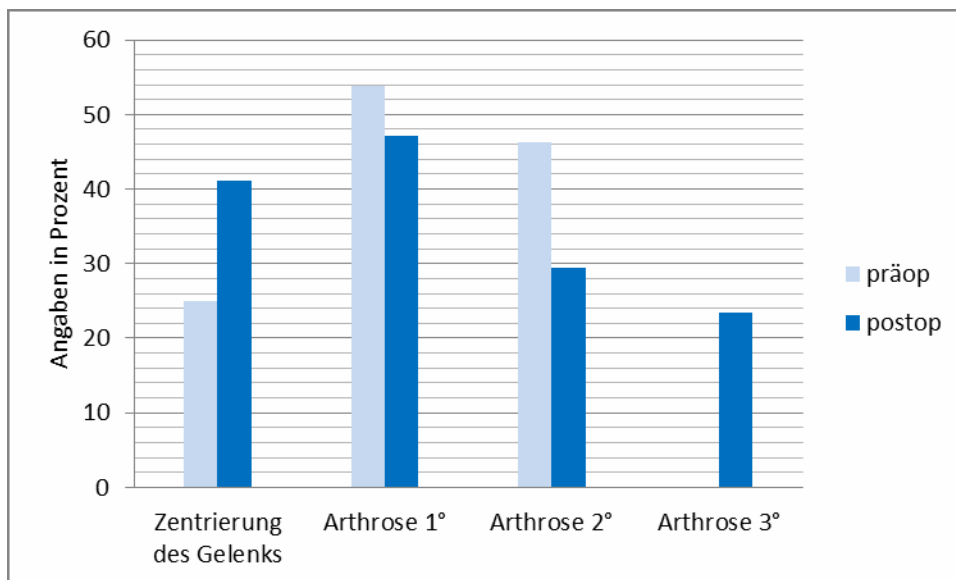


Abbildung 19: Radiologischer Vergleich präoperativ vs. postoperativ bei M. latissimus dorsi Transfer

## Akromiohumeraler Abstand

Radiologisch wurde initial der akromiohumerale Abstand in Millimetern gemessen. Im Durchschnitt lag dieser bei  $6,14 \pm 2,6$  mm (Min. 2; Max. 11). In der Nachuntersuchung zeigte sich ein nicht signifikant niedriger Wert von  $5,8 \pm 2,7$  mm (Min. 0; Max. 9) ( $P=0,62$ ).

## Komplikationen und funktionelle Versager

Bei allen 20 Patienten war der transferierte Muskel bei der Nachuntersuchung intakt. Es kam zu keinen Komplikationen. Lediglich bei zwei (10 %) Patienten kam es zu einem funktionellen Versagen, in dem bei Abduktion und Flexion keine 90 Grad erreicht wurden.

## 3.2 Ergebnisse mit M. teres major Muskeltransfer (G2)

### Epidemiologie

Insgesamt erhielten 25 Patienten einen Teres Major Muskeltransfer. Die Gruppe teilte sich auf in 18 (72,0 %) männliche und sieben (28,0 %) weibliche Patienten. Überwiegend war die rechte Seite bei insgesamt 15 (62,5 %) Patienten betroffen, die gleichzeitig bei 19 (82,6%) Patienten die dominante Seite ist. Bei zehn (43,5 %) Patienten lag bereits eine Voroperation vor. Lediglich neun (42,9 %) Patienten gaben ein traumatisches Geschehen an. Bei acht (32 %) Patienten wurde eine Ruptur der langen Bizepssehne diagnostiziert und bei einem Patienten (4 %) wurde intraoperativ zusätzlich eine M. teres minor Ruptur festgestellt.

### Bewegungsausmaß

Die aktive Flexion lag präoperativ in der Gruppe mit M. teres major Flap im Durchschnitt bei  $122,4 \pm 49,3$  Grad mit einem Minimum von 40 und einem Maximum von 180 Grad. In der Nachuntersuchung zeigte sich eine signifikante Verbesserung ( $P=0,012$ ) bei einer durchschnittlichen Zunahme auf  $158 \pm 31,2$  Grad mit einem Minimum von 50 und einem Maximum von 180 Grad. Bei der aktiven Abduktion lag bei den Patienten präoperativ der durchschnittlich erreichte Wert bei  $106 \pm 48,4$  Grad mit einem Minimum von 40 und einem Maximum von 180 Grad. Die Abduktion verbesserte sich postoperativ signifikant ( $P=0,005$ ) auf durchschnittlich  $146 \pm 37,5$  Grad (Min 60; Max. 180).

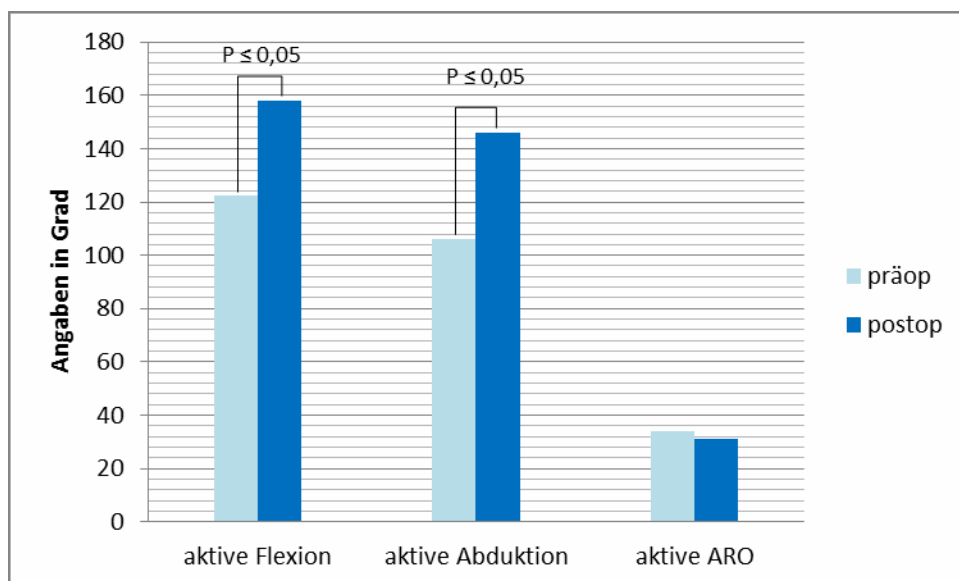


Abbildung 20: Bewegungsausmaß von präoperativ zu postoperativ bei M. teres major Transfer

Die präoperative aktive Aussenrotation lag im Median bei  $34 \pm 20,18$  Grad mit einer Spanne von null bis maximal 70 Grad. Postoperativ zeigte sich in der Nachuntersuchung eine durchschnittliche Abnahme auf  $31 \pm 23,3$  Grad mit einem Minimum von -10 und einem Maximum von 70 Grad. Hierbei konnte keine signifikante Veränderung ( $P=0,37$ ) festgestellt werden.

### Spezifische Funktionstests

Ein positives Außenrotations-Lag Zeichen zeigte sich präoperativ bei 13 Patienten (56,5 %) und wurde postoperativ nur noch bei elf Patienten (50 %) positiv nachgewiesen. Hierbei wurde keine signifikante Verbesserung mit  $P=0,2$  festgestellt. Das Hornblower Zeichen war lediglich bei fünf Patienten (25 %) präoperativ positiv und verbesserte sich postoperativ auf insgesamt drei Patienten (17,6 %) mit einem positiven Hornblower Zeichen. Dennoch zeigte sich kein signifikanter Unterschied bei einem P-Wert von 0,56.

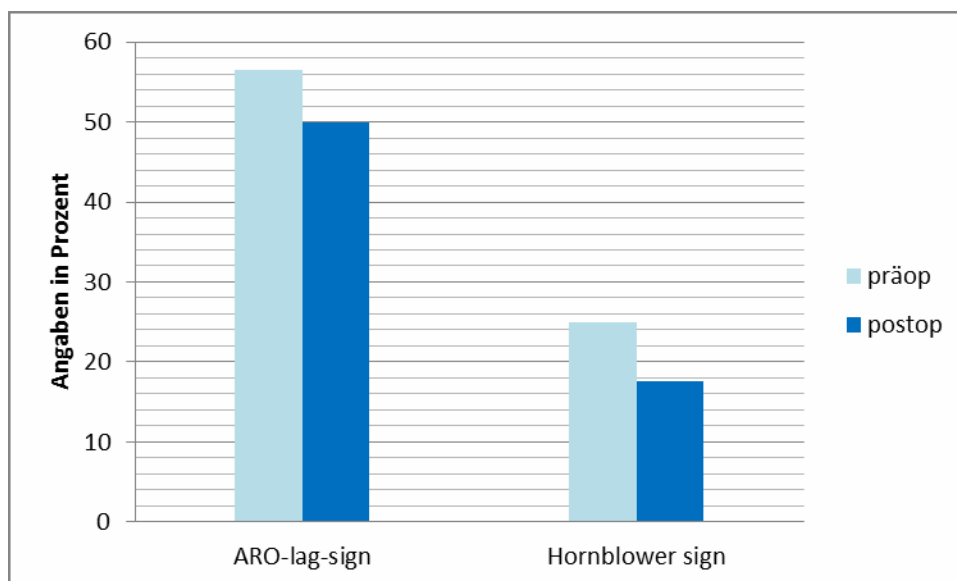
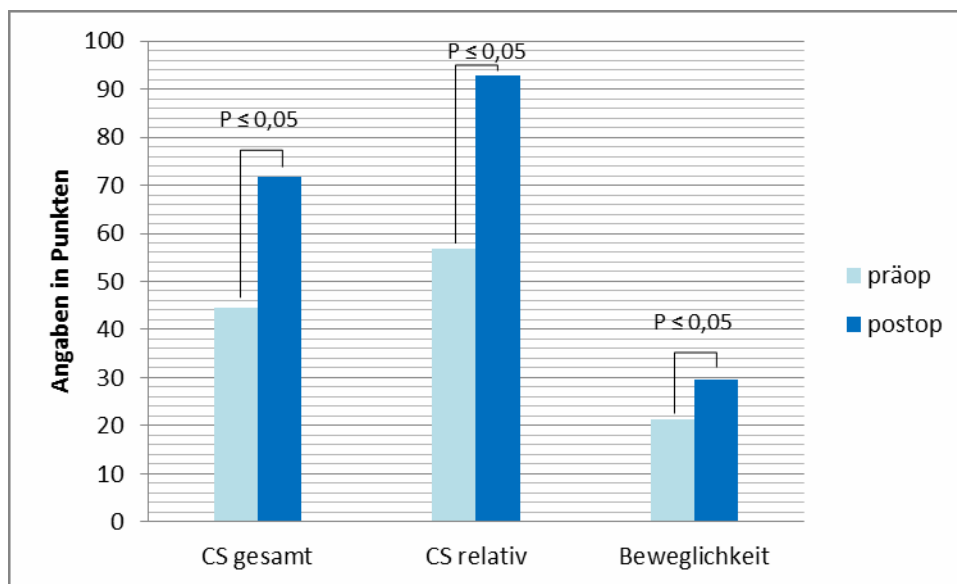


Abbildung 21: Spezifische Funktionstests im Vergleich von präoperativ zu postoperativ bei TMT

### Parameter des Constant Score

Präoperativ wurde im gesamten Constant Score ein durchschnittlicher Wert von  $44,6 \pm 18,2$  Punkten erreicht mit einem Minimum von 15 und einem Maximum von 70,7 Punkten. Dieser Wert stieg in der Nachuntersuchung auf durchschnittlich  $71,8 \pm 14,7$  Punkte an mit Werten von 38 bis maximal 99,9 Punkte. Dies entspricht einer signifikante Verbesserung mit  $P<0,001$ . Für den relativen Constant Score lag präoperativ ein Durchschnittswert von  $56,9 \pm 24,35$  Punkten vor mit einem Minimum von 18,07 und einem Maximum von 93,15 Punkten. Hierbei kam es ebenfalls zu einer signifikanten Verbesserung ( $P<0,001$ ). Der Durchschnittswert in der Nachuntersuchung lag bei  $92,9 \pm 21,6$  Punkten mit einer Spanne

von 50,7 bis maximal 137,2 Punkten. Präoperativ gaben die Patienten mit M. teres major Flap auf der Schmerzskala im Durchschnitt  $7,5 \pm 3,5$  Punkte an mit einem Minimum von null und einem Maximum von 14 Punkten. Dabei kam es in der Nachuntersuchung zu einer signifikanten Verbesserung der postoperativen Werte ( $P < 0,001$ ). So gaben die Patienten postoperativ im Mittel  $12,79 \pm 3,2$  Punkte an mit Werten zwischen fünf und maximal 15 Punkten. Für die Einschränkung der Arbeit gaben die Patienten präoperativ einen durchschnittlichen Wert von  $1,7 \pm 0,8$  Punkten an im Bereich von null bis maximal drei Punkten. Diese Einschränkung verbesserte sich in der Nachuntersuchung signifikant

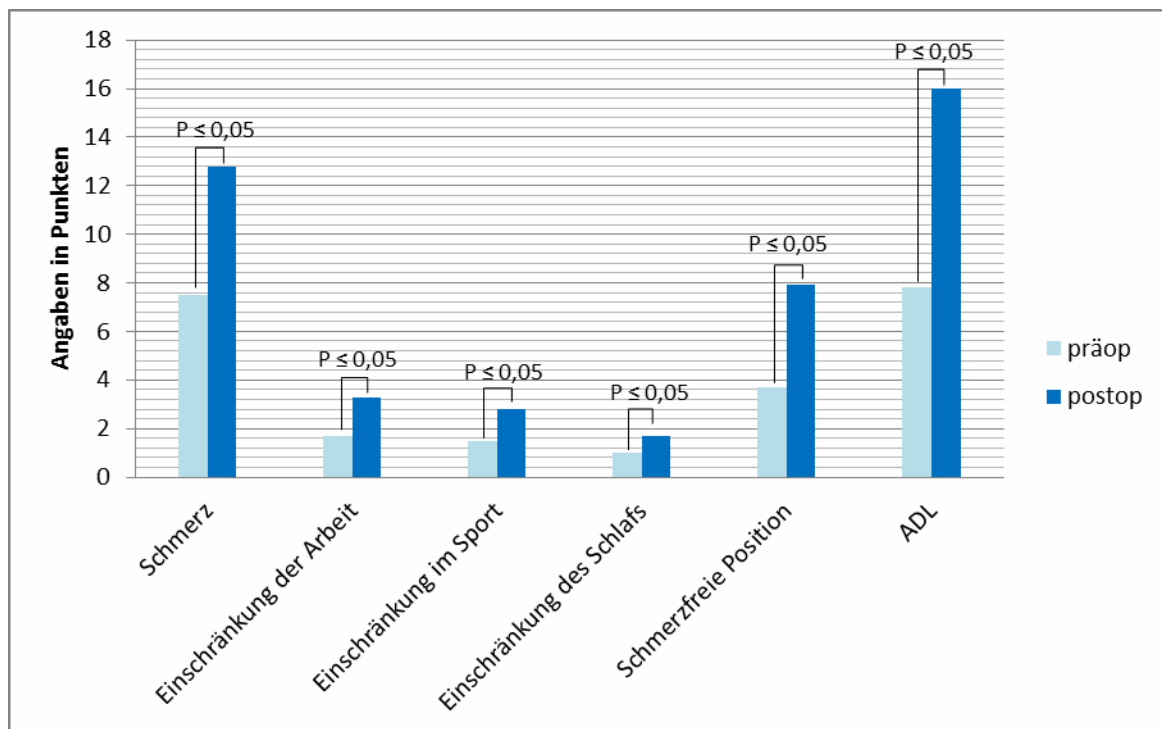


**Abbildung 22: Parameter des CS im Vergleich von präoperativ zu postoperativ bei TM Transfer**

( $P < 0,001$ ). So hatten die Patienten schließlich einen durchschnittlichen Wert von  $3,3 \pm 0,7$  Punkten an mit einer Spanne von zwei bis maximal vier Punkten. Für Einschränkungen im Sport gaben präoperativ die Patienten im Mittel  $1,5 \pm 0,7$  Punkte an mit einem Minimum von null und einem Maximum von drei Punkten. Diese Angaben verbesserten sich in der Nachuntersuchung signifikant ( $P < 0,001$ ). Insgesamt gaben die Patienten postoperativ durchschnittlich  $2,8 \pm 1,1$  Punkte an mit Werten zwischen null und maximal vier Punkten. In Bezug auf Einschränkungen des Schlafs ergab sich präoperativ im Constant Score durchschnittlich ein Wert von  $1 \pm 0,7$  Punkte, bei Werten von minimal null Punkte bis maximal zwei Punkte. In der Nachuntersuchung zeigte sich eine signifikante Verbesserung der Angaben ( $P < 0,001$ ). Denn die Patienten wählten nun im Median  $1,7 \pm 0,6$  Punkte mit einem Minimum von null und einem Maximum von zwei Punkten. Die Angaben für Einschränkungen im Sport, bei der Arbeit und im Schlaf wurden im Constant Score zusammengefasst als Activity of daily live (ADL). Hierfür gaben präoperativ die Patienten durchschnittlich  $7,8 \pm 2,3$  Punkte an, bei Werten von vier bis maximal 13 Punkte. Dies verbesserte sich signifikant mit einem P-Wert von kleiner 0,001. Es zeigte sich in der Nachuntersuchung nun im Mittel ein Punktestand von  $16 \pm 3,5$  Punkte (Min. 9 Pkt.; Max.



20 Pkt.). Für die schmerzfreie Position gaben präoperativ die Patienten im Constant Score durchschnittlich  $3,7 \pm 1,5$  Punkte an mit einer Spanne von zwei bis maximal sechs Punkten. Dies entspricht in etwa dem oberen Bereich zwischen Gürtellinie und Xiphoid. In der Nachuntersuchung verbesserte sich die Position signifikant ( $P < 0,001$ ) bis hin zum Bereich des Scheitels mit  $7,9 \pm 2,8$  Punkte im Durchschnitt (Min. 0; Max. 10). Bei der Gesamt Beweglichkeit im Constant Score lag der präoperative Wert im Durchschnitt bei  $21,2 \pm 9,5$  Punkten mit einem Minimum von acht und einem Maximum von 34 Punkten. Postoperativ verbesserte sich dies signifikant ( $P = 0,001$ ) und die Werte lagen in der Nachuntersuchung im Mittel bei  $29,5 \pm 8,3$  Punkte (Min. 10; Max. 40).



**Abbildung 23: Parameter des Constant Scores im Mittel im Vergleich von präop zu postop bei TMT**

## SSV nach Gerber

Im präoperativen Subjective Shoulder Value nach Gerber gaben die Patienten einen durchschnittlichen Wert von  $38 \pm 14,8$  % an mit einem Minimum von 20 % und einem Maximum von 80 %. In der Nachuntersuchung wurde eine signifikante Steigerung ( $P = 0,001$ ) erreicht und bei den Patienten eine durchschnittlich Zunahme auf  $71 \pm 22,8$  % festgestellt mit einem Minimum von 20 % und einem Maximum von 100 %.

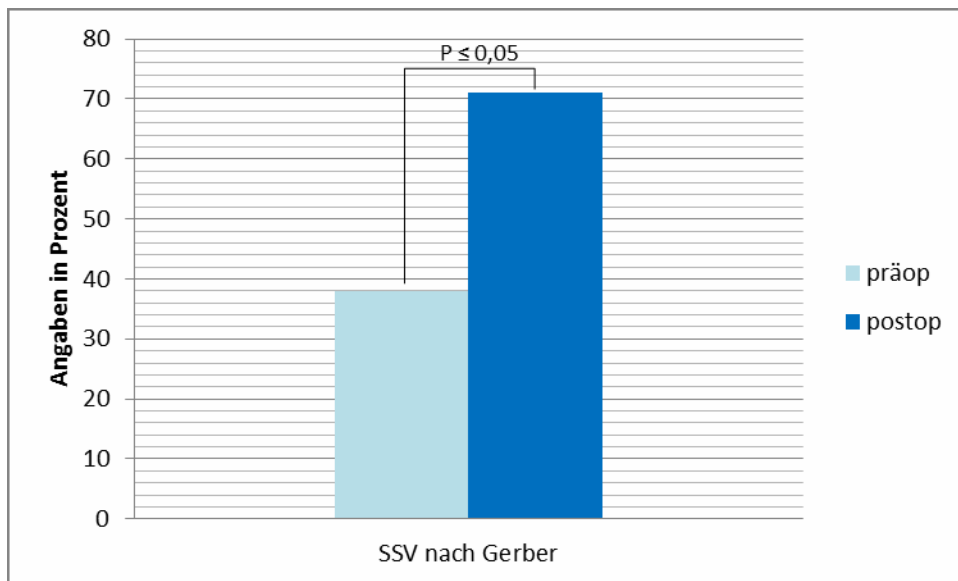


Abbildung 24: SSV im Vergleich von präoperativ zu postoperativ bei M. teres major Transfer

## Kraft

Die Kraft belief sich präoperativ durchschnittlich auf  $0,59 \pm 1,1$  kg mit einem Minimum von null Kilogramm und einem Maximum von 3,4 kg. Postoperativ zeigte sich in der Nachuntersuchung eine deutliche Zunahme der Kraft im Mittel von  $4,3 \pm 3,1$  kg mit einem Minimum von null und einem Maximum von 9,52 kg. Wobei es sich hierbei um keine signifikante Veränderung handle mit einem P-Wert von 0,14.

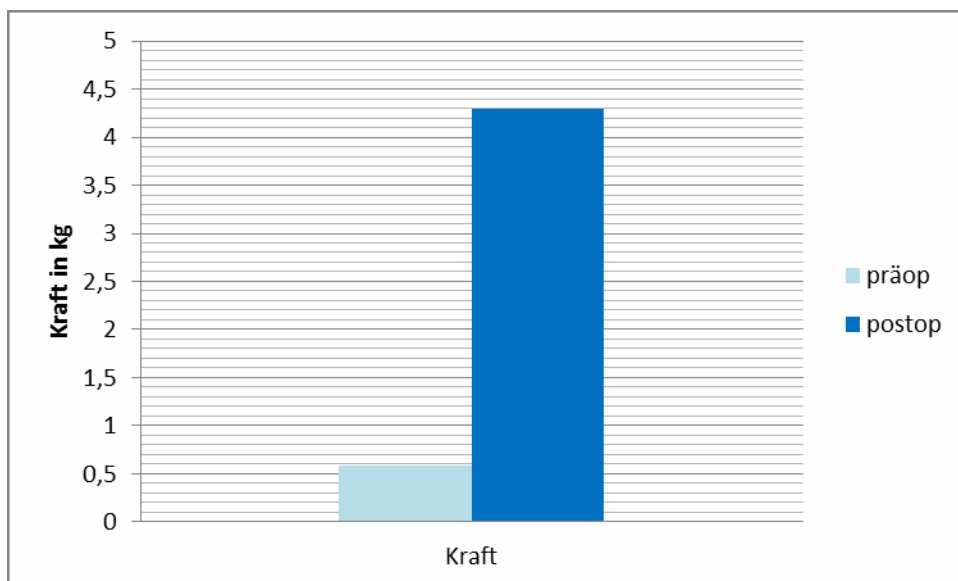


Abbildung 25: Kraftzunahme von präoperativ zu postoperativ bei M. teres major Transfer

## Radiologische Untersuchung

Lediglich bei neun (43 %) Patienten war das Glenohumeralgelenk präoperativ zentriert (Gotischer Bogen). Dies verbesserte sich postoperativ bei elf (47,8 %) Patienten. Dennoch kam es in der Nachuntersuchung zu keiner signifikanten Verbesserung der Werte ( $P=0,739$ ). In der präoperativen Klassifikation nach Hamada [105] hatten 13 (61,9 %) Patienten eine Arthrose ersten Grades. Nur drei (14,3 %) Patienten hatten eine Arthrose zweiten Grades und fünf (23,8 %) Patienten eine drittgradige Arthrose. In der Nachuntersuchung waren dies schließlich 13 (54,2%) Patienten mit einer erstgradigen Arthrose, neun (37,5%) Patienten mit einer Arthrose zweiten Grades und zwei (8,3%) Patienten mit einer drittgradigen Arthrose. Es kam zu keiner signifikanten Verbesserung ( $P=0,82$ ).

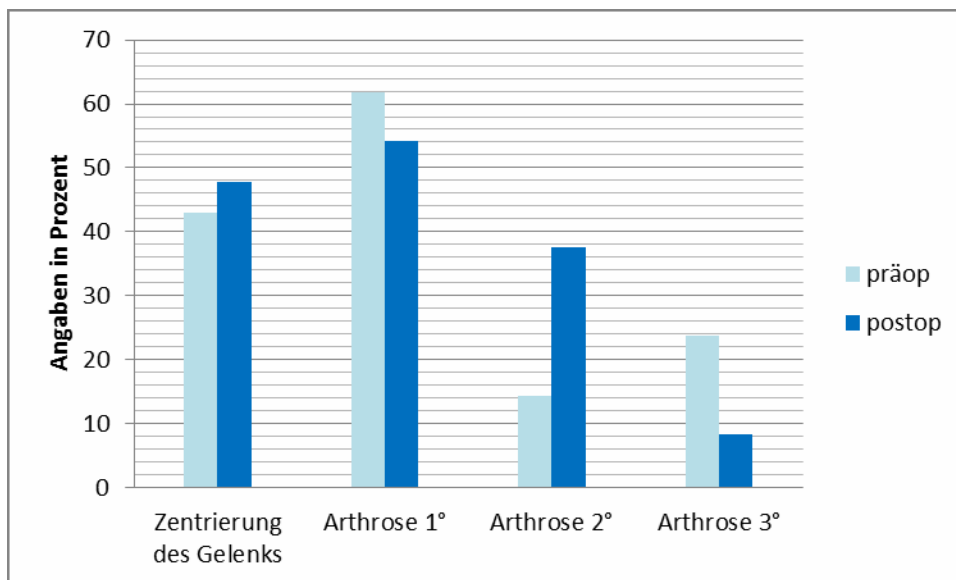
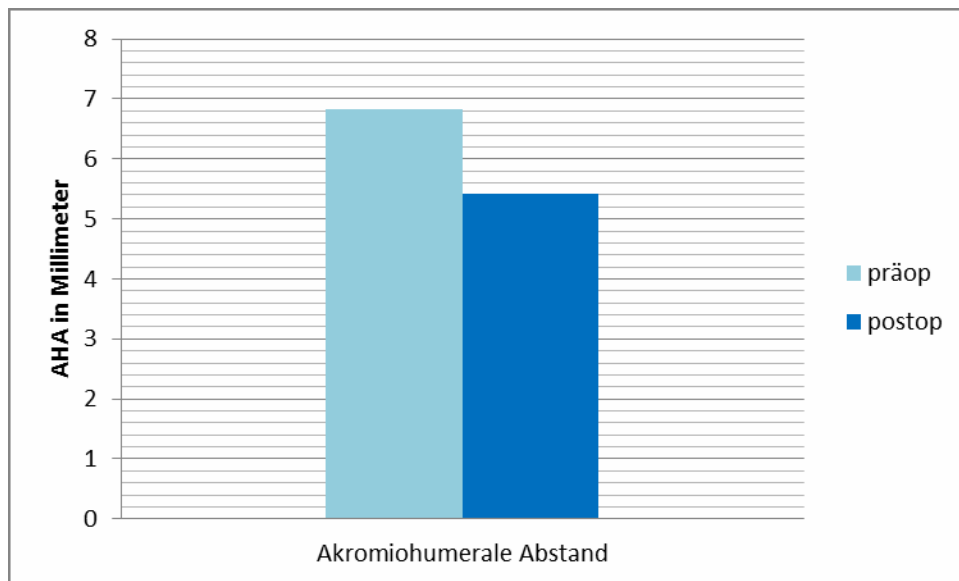


Abbildung 26: Radiologischer Vergleich von präoperativ zu postoperativ bei M. teres major Transfer

## Akromiohumeraler Abstand

Der Akromiohumerale Abstand lag präoperativ bei einem durchschnittlichen Wert von  $6,83 \pm 3,2$  mm, mit einem Minimum von zwei Millimetern bis maximal 14 mm. In der Nachuntersuchung wurde schließlich ein durchschnittlicher Wert von  $5,42 \pm 2,9$  mm erreicht. Das Minimum lag bei null Millimeter und das Maximum bei 13 mm. Es zeigte sich keine signifikante Veränderung des akromiohumeralen Abstands bei einem P-Wert von 0,76.



**Abbildung 27: AHA im Vergleich von von präoperativ zu postoperativ bei M. teres major Transfer**

## Komplikationen

Insgesamt erlitten zwei Patienten Komplikationen und drei Fälle wurden als funktionelle Versager gewertet. Bei einem (4%) Patient kam es zum Ankerausriß. Daneben kam es bei einem (4%) Patient zu einer Flapruptur. Die Funktionalität betreffend, kam es bei drei (12%) Patienten zu einem funktionellen Versagen des Flaps. Dies bedeutet, dass bei intaktem Flap die aktive Abduktion oder Flexion unter 90 Grad blieb.

## 3.3 Ergebnisse beider Gruppen im Vergleich

### Epidemiologie

Das gesamte Patientenkollektiv der Studie mit einem Mindest-Follow Up von 24 Monaten belief sich auf 45 Patienten (31 männlich/ 14 weiblich). In der Gruppe der Patienten mit M. teres major Muskeltransfer waren es insgesamt 25 Patienten (18 männlich / 7 weiblich), gegenüber 20 Patienten (13 männlich/ 7 weiblich) mit M. latissimus dorsi Transfer. Beide Patientengruppen wurden nach mindestens zwei Jahren im Median 30 Monate (TMT) und 29 Monate (LDT) klinisch, sonographisch und radiologisch nachuntersucht.

Die rechte Schulter war bei der Mehrheit der Patienten insgesamt bei 77 % die dominante Seite. Insgesamt war auch vermehrt die rechte Seite mit 66 % der Patienten betroffen. Ebenfalls mehr als die Hälfte, zirka 56 % der Patienten waren bereits voroperiert. Zu gleichen Teilen (50 %) lag laut der Befragten der Ruptur ein traumatisches oder atraumatisches Ereignis als Ätiologie zu Grunde. Bei allen Patienten lag eine

Sehnenretraktion Grad drei nach Patte [92] und eine fettige Muskeldegeneration größer Grad zwei nach Thomazeau [94] vor.

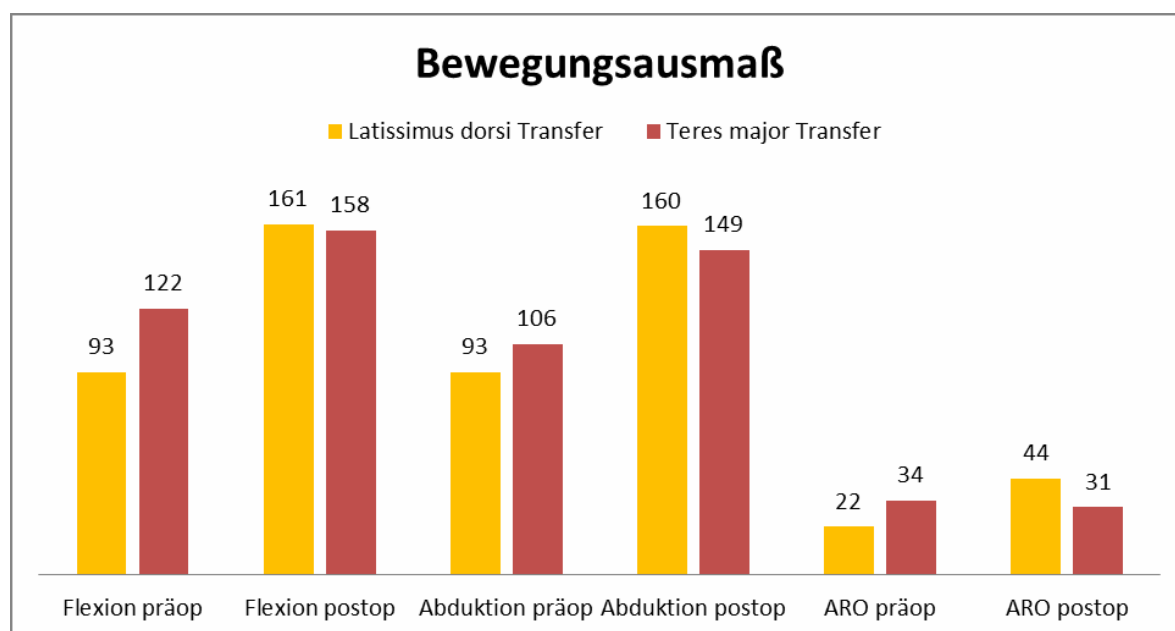
	Latissimus dorsi Transfer (G1)	Teres major Transfer (G2)	Signifikanz LDT vs. TMT; P=0,05
Alter (ø, Jahre)	62	64	0,5
Symptombdauer präop (Monate)	7	18	0,3
Anzahl vorheriger Operationen (%)	74	29	0,045
Follow Up (Monate)	29	30	0,6

**Tabelle 2: Vergleich der absoluten Werte zwischen LDT und TMT und deren Signifikanz im Vergleich**

## Bewegungsausmaß

In den präoperativen Werten der aktiven Flexion hatte die Gruppe mit M. latissimus dorsi Transfer signifikant schlechtere Werte ( $P=0,04$ ). Wobei beide Verfahren zu einer signifikanten Verbesserung postoperativ führten. In der Untersuchung der aktiven Abduktion gab es präoperativ keinen signifikanten Unterschied und beide Muskeltransfers konnten einen signifikanten Zugewinn der aktiven Abduktion postoperativ erzielen.

Ein Unterschied beider Verfahren zeigte sich innerhalb des Bewegungsausmaßes in der aktiven Aussenrotation. Dabei konnte lediglich in G1, welche mittels M. latissimus dorsi Transfer versorgt wurden einen signifikanten Anstieg der aktiven Aussenrotation erzielen ( $P=0.003$ ). Während es in der Gruppe mit M. teres major Transfer zu einer durchschnittlichen Reduzierung der Aussenrotationsfähigkeit kam.



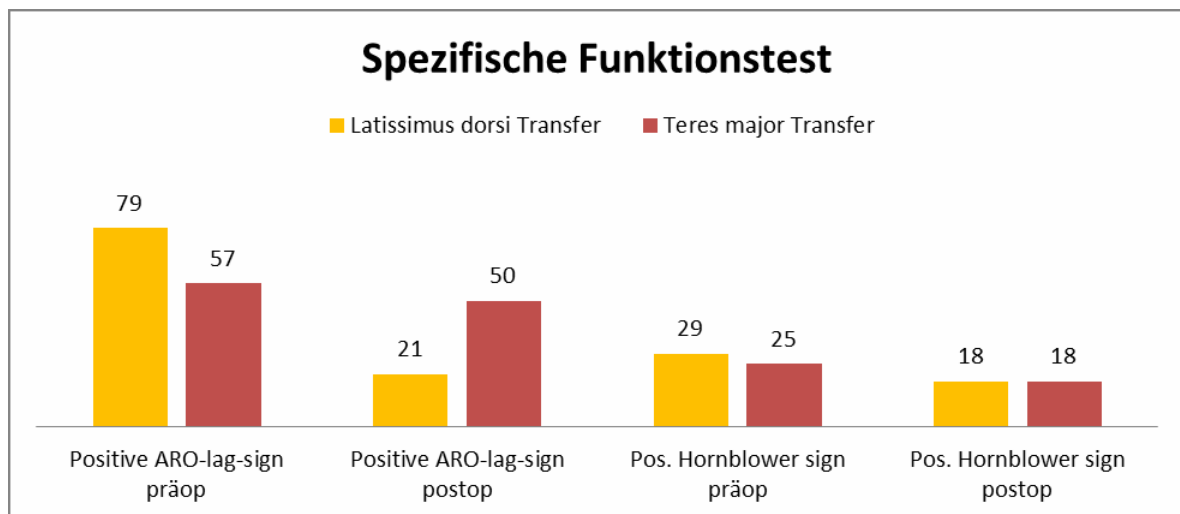
**Abbildung 28: Vergleich des Bewegungsausmaßes in Grad zwischen LDT und TMT**

	Latissimus dorsi Transfer	Teres major Transfer	Signifikanz LDT vs. TMT; P=0,05
Flexion präop	93°	122°	0,04
Flexion postop	161°	158°	0,5
Abduktion präop	93°	106°	0,3
Abduktion postop	160°	149°	0,3
ARO präop	22°	34°	0,06
ARO postop	44°	31°	0,1

**Tabelle 3: Vergleich des Bewegungsausmaßes zwischen LDT und TMT**

## Funktionelle Tests

Bei den spezifischen Funktionstests kam es innerhalb der Gruppen zu keinen signifikanten Unterschieden. Dennoch zeigte sich der Trend (P=0,06) eines häufigeren negativen ARO-Lag Zeichens beim M. Latissimus dorsi Transfers. So kam es in G1 zu einer signifikanten Verbesserung des ARO-Lag Zeichens (P<0,05), während es in G2 konstant blieb.



**Abbildung 29: Vergleich der Spezifischen Funktionstests zwischen LDT und TMT**

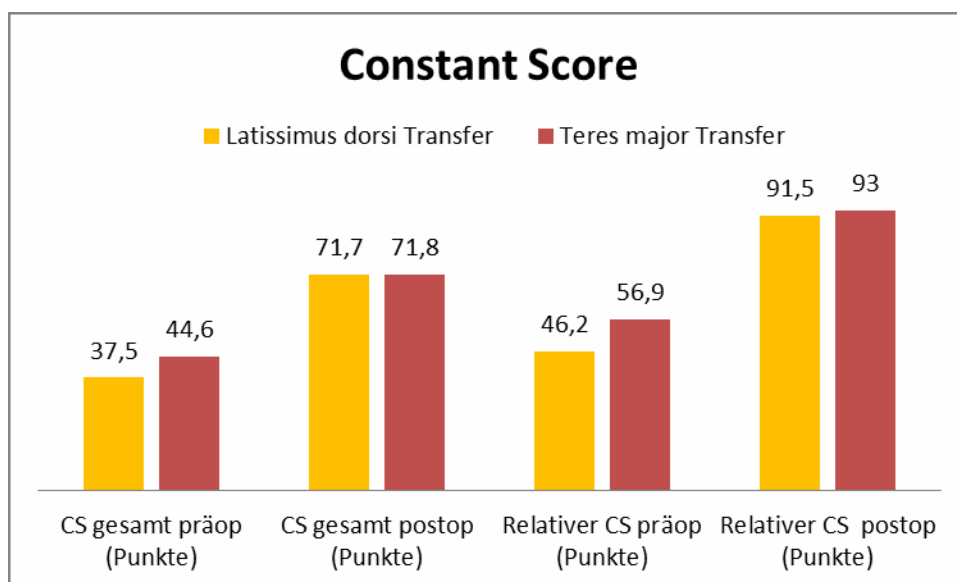
	Latissimus dorsi Transfer	Teres major Transfer	Signifikanz LDT vs. TMT; P=0,05
Positive ARO-lag-sign präop	79%	57%	0,1
Positive ARO-lag-sign postop	21%	50%	0,06
Pos. Hornblower sign präop	29%	25%	0,8
Pos. Hornblower sign postop	18%	18%	1

**Tabelle 4: Vergleich der Ergebnisse der Funktionstests zwischen LDT und TMT**

In Bezug auf das Hornblower Zeichen wurde in beiden Gruppen keine signifikante Änderung zwischen den prä- und postoperativen Werten gesehen. Weder die Gruppe mit M. latissimus dorsi Flap ( $P=0,32$ ), noch die Gruppe mit M. teres major Flap ( $P=0,56$ ) erzielten postoperativ eine signifikante Verbesserung.

## Constant Score

Bei den Parametern des Constant Score unterscheiden sich die Gruppen nicht signifikant, weder in den prä- noch in den postoperativen Werten. Beide Gruppen erreichten einen signifikanten Anstieg des gesamten als auch relativen Constant Score. In der Zusammenfassung der Einschränkungen bei der Arbeit, im Sport und beim Schlaf im Bereich der Täglichen Aktivitäten des Lebens (ADL) im Constant Score erzielten beide Gruppen eine signifikante Verbesserung. Auch im Bereich der Schmerzlinderung konnten beide Verfahren eine signifikante Linderung erbringen ohne signifikanten Unterschied der jeweiligen postoperativen Ergebnisse. Zusätzlich zeigten beide Techniken eine Verbesserung des gesamten Bewegungsumfangs ohne sich dabei in den Werten in der Nachuntersuchung signifikant zu unterscheiden.



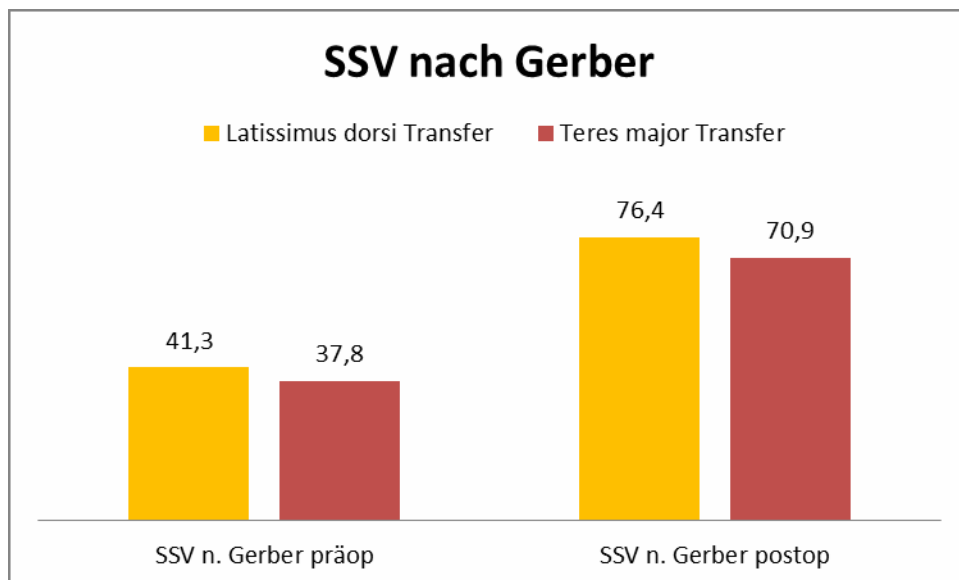
**Abbildung 30: Vergleich der Werte im Constant Score zwischen LDT und TMT**

	Latissimus dorsi Transfer	Teres major Transfer	Signifikanz: LDT vs. TMT; P=0,05
CS gesamt präop	37,5 Pkt.	44,6 Pkt.	0,2
CS gesamt postop (	71,7 Pkt.	71,8 Pkt.	1
Relativer CS gesamt präop	46,2 Pkt.	56,9 Pkt.	0,2
Relativer CS gesamt postop	91,5 Pkt.	93 Pkt.	1
CS Schmerz präop	8,7 Pkt.	7,5 Pkt.	0,3
CS Schmerz postop	12,3 Pkt.	12,8 Pkt.	0,2
CS ADL präop	9,2 Pkt.	7,8 Pkt.	0,7
CS ADL postop	15,3 Pkt.	16 Pkt.	0,9
ROM präop	18,4 Pkt.	21,2 Pkt.	0,4
ROM postop	33,9 Pkt.	29,5 Pkt.	0,6

**Tabelle 5: Vergleich der Werte des Constant Score zwischen LDT und TMT**

### SSV nach Gerber [107]

Sowohl in G1 als auch in G2 verbesserte sich der Subjective Shoulder Value nach Gerber [107] signifikant. Zwischen den präoperativen als auch den postoperativen Ergebnissen beider Gruppen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.



**Abbildung 31: Vergleich des Subjective Shoulder Value nach Gerber zwischen LDT und TMT**

	Latissimus dorsi Transfer	Teres major Transfer	Signifikanz: LDT vs. TMT; P=0,05
SSV n. Gerber präop	41,3 %	37,8 %	0,5
SSV n. Gerber postop	76,4 %	70,9 %	0,7

**Tabelle 6: Vergleich der Werte des Subjective Shoulder Value nach Gerber zwischen LDT und TMT**



## Kraft

Im Vergleich der Kraftmessung zeigte sich, dass sich die präoperativen sowie die postoperativen Werte nicht signifikant voneinander unterscheiden. Jedoch kam es nur innerhalb der Gruppe mit M. latissimus dorsi Transfer postoperativ zu einer signifikanten Verbesserung der Kraft. In der Gruppe mit M. Teres major Flap kam es zu einem deutlichem Anstieg der durchschnittlichen Kraft, jedoch ohne signifikanten Unterschied ( $P=0.14$ ).

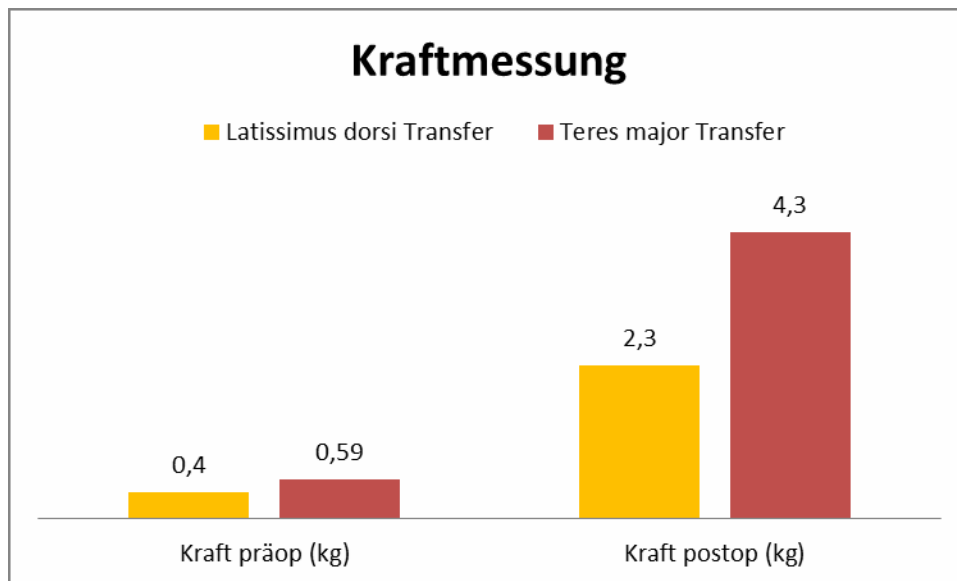


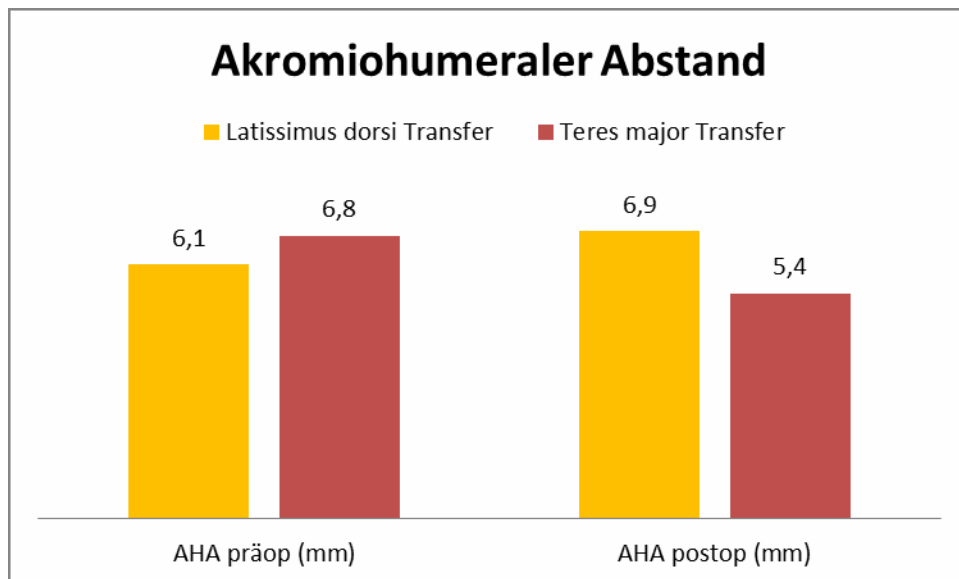
Abbildung 32: Vergleich der Kraftmessung (kg) zwischen LDT und TMT

	Latissimus dorsi Transfer	Teres major Transfer	Signifikanz: LDT vs. TMT; $P=0,05$
Kraft präop	0,4 kg	0,59 kg	0,5
Kraft postop	2,3 kg	4,3 kg	0,08

Tabelle 7: Vergleich der Werte der Kraftmessung zwischen LDT und TMT

## Radiologische Untersuchung

Zwischen den Patientengruppen unterscheiden sich die präoperativen und postoperativen Werte innerhalb der radiologischen Untersuchung nicht signifikant. Vergleicht man die Durchschnittswerte im Einzelnen so fällt auf, dass im Vergleich der Gruppen lediglich beim M. latissimus dorsi Flap der durchschnittliche Abstand zunahm. Wobei sich kein signifikanter Unterschied zwischen den prä- und postoperativen Werten zeigte.

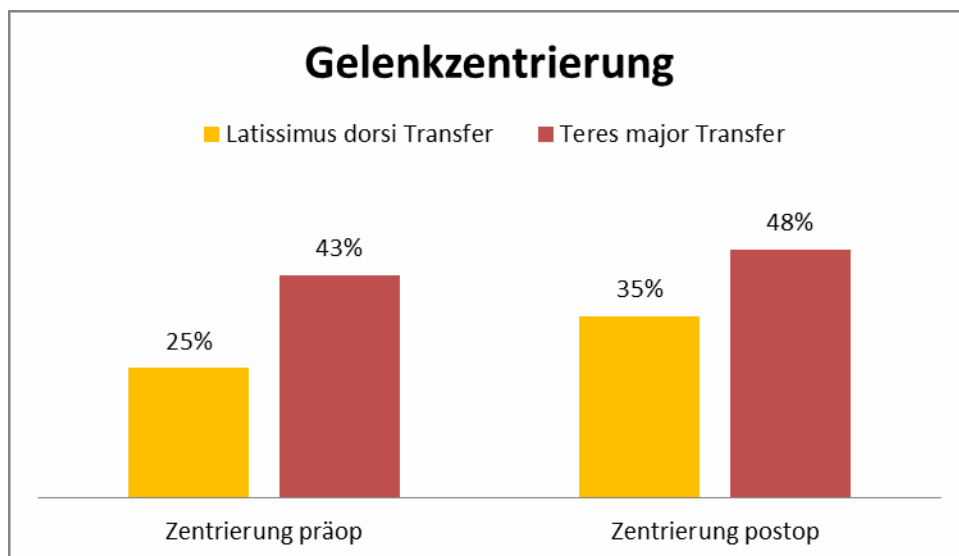


**Abbildung 33: Akromiohumeraler Abstand im Vergleich zwischen LDT und TMT**

	Latissimus dorsi Transfer	Teres major Transfer	Signifikanz: LDT vs. TMT; P=0,05
AHA präop	6,1 mm	6,8 mm	0,6
AHA postop	6,9 mm	5,4 mm	0,3

**Tabelle 8: Vergleich der Werte der radiologischen Untersuchung zwischen LDT und TMT**

Die Zentrierung des Gelenks zeigte bei beiden Gruppen die Tendenz der Besserung jedoch ohne signifikante Veränderung.



**Abbildung 34: Gelenkzentrierung (Gotischer Bogen) im Vergleich zwischen LDT und TMT**

	Latissimus dorsi Transfer	Teres major Transfer	Signifikanz: LDT vs. TMT; P=0,05
Zentrierung präop	25 % zentriert	43 % zentriert	0,3
Zentrierung postop	35 % zentriert	48 % zentriert	0,7

**Tabelle 9: Vergleich der Werte der Gelenkzentrierung (Gotischer Bogen) zwischen LDT und TMT**

## Komplikationen und funktionelle Versager

Im Gruppenvergleich unterscheiden sich beide Techniken nicht signifikant innerhalb der Komplikationsrate und funktionellen Versagern. Dennoch konnte beobachtet werden, dass in G2 die Komplikationen doppelt so häufig waren und es zu einem zusätzlichen funktionellen Versager kam.

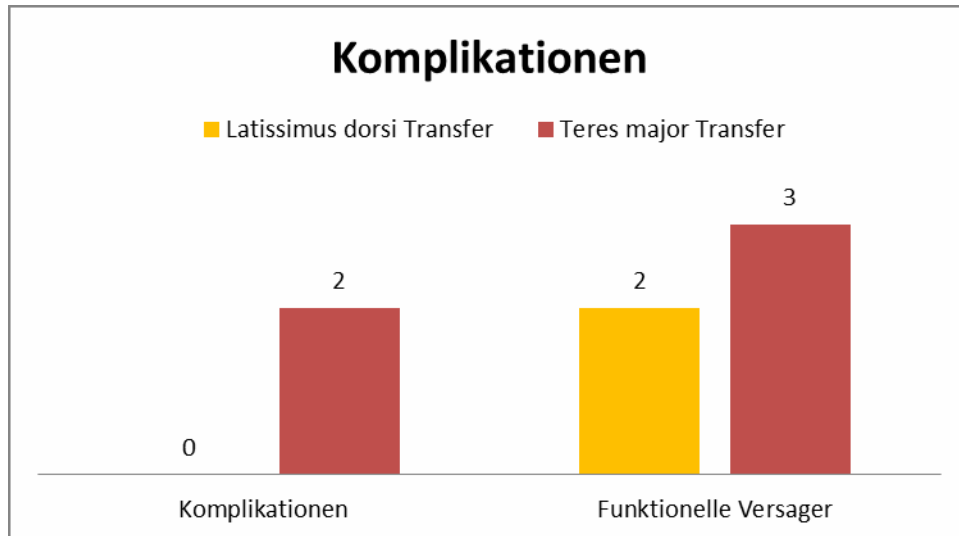


Abbildung 35: Vergleich der Komplikationsrate zwischen LDT und TMT

	Latissimus dorsi Transfer	Teres major Transfer	Signifikanz LDT vs. TMT; P=0,05
Komplikationen (n)	0	2	0,1
Funktionelle Versager (n)	2	3	0,8

Tabelle 10: Vergleich der Komplikationen und Versager zwischen LDT und TMT

## 4 Diskussion

Aktuell werden verschiedene Therapiemöglichkeiten für irreparable posterosuperiore Rotatorenmanschettendefekte diskutiert. Neben konservativen Möglichkeiten werden aktuell folgende Operationen durchgeführt:

- Debridement, LBS-Tenotomie und eventuell zusätzlicher Akromioplastik
- Implantation resorbierbarer subakromialer Spacer
- Patch-Augmentation der Rotatorenmanschette
- Superiore Kapselrekonstruktion
- Partialrekonstruktion
- Implantation einer inversen Schulterprothese.

In dieser Studie galt das Versagen der konservativen Therapie als Voraussetzung für die Durchführung des Muskeltransfers bei irreparabler postero-superiorer Rotatorenmanschettenruptur. Dennoch sollte Erwähnung finden, dass die konservative Therapie eine wichtige Säule in der Behandlung von Rotatorenmanschettendefekten spielt. Im Jahre 1993 präsentierten Bokor et al. die Ergebnisse der nicht operativen Behandlung von 53 Patienten im Durchschnittsalter von 62 Jahren mit vollständigen Rotatorenmanschettenrupturen. Die Behandlung bestand aus nicht-steroidaler antiinflammatorischer Medikation, Dehn- und Kraftübungen, sowie Kortikoidinfiltrationen. Es zeigte sich, dass eine kürzere Symptombdauer mit der Zufriedenheit der konservativen Therapie korrelierte. So waren 86% mit einer Symptombdauer von ursprünglich drei Monaten mit der Therapie zufrieden, während es nur noch 56 % waren mit Beschwerden von über sechs Monaten vor Therapiebeginn. Daneben wurde bei 94 % ein Kraftverlust und bei 56 % der Patienten sogar eine Muskelatrophie festgestellt [113]. Im Vergleich lag in dieser Studie die durchschnittliche Symptombdauer bei zwölf Monaten, so dass davon aus zu gehen ist, dass keine zufriedenstellende Ergebnisse mit der Fortführung der konservativen Therapie erreicht worden wäre bei zusätzlich frustriertem konservativen Therapieversuch.

Bei älteren Patienten mit einem geringen funktionellen Anspruch gilt das Debridement mit gegebenenfalls LBS-Tenotomie und zusätzlicher Akromioplastik als adäquate Therapieoption. So erzielten Walch et al. (2005) mittels LBS-Tenotomie bei irreparablen Rotatorenmanschettendefekten bei 87 % von 307 nachuntersuchten Patienten zufriedenstellende Resultate in der fünf Jahres Nachuntersuchung. Die zusätzliche Akromioplastik zeigte dazu signifikant bessere Ergebnisse der Schulterfunktion und

Schmerzreduktion, insbesondere bei einem Akromiohumeralen Index von über sechs Millimetern, jedoch ohne Benefit im postoperativen Bewegungsausmaß [114].

Als neuartiges Verfahren gilt die Implantation von resorbierbaren Ballons unterhalb des Akromion bei strenger Indikationsstellung. Dabei wird der Ballon arthroskopisch eingebracht und mittels Kochsalzlösung entfaltet. Zu liegen kommt das Implantat zwischen dem Rand des Glenoids und dem Tuberkulum majus. Die Flüssigkeit soll nach drei Monaten entweichen und sich das Implantat zwölf Monate postoperativ vollständig resorbieren. In einer prospektiven klinischen Studie zeigte Senekovic et al. (2013) bei 20 Patienten in der drei Jahres Nachuntersuchung einen Gewinn von 32 Punkten im Constant Score von 33,4 Punkte präoperativ auf 65,4 Punkte postoperativ. Außerdem kam es zu einer Verbesserung der täglichen Aktivitäten (ADL) und des Bewegungsumfangs. Sie postulierten, dass die Implantation eines subakromialen Spacers bei irreparablen Rotatorenmanschettenrissen eine schnelle und schonende Methode sei die Schulterfunktion zu verbessern [8]. Ob dieses Verfahren auch zu einer langfristigen Beschwerdelinderung führt ist gemäß der aktuellen Datenlage noch unklar.

Durch die Retraktion der Sehne und der Muskulatur im Bereich des M. supraspinatus bei ausgedehnten Rissen kann es zur Einengung des N. suprascapularis unter dem Lig. transversum und der Incisura scapulae kommen, dem sogenannten Nervus suprascapularis Entrapment [115]. Mallon et al. (2006) wiesen bei acht Patienten mit einer Massenrupturen mittels elektromyographischen Untersuchung Pathologien des Nerven nach. Dabei zeigte der Nerv des Muskels pathologische Muster die für eine Neuropathie sprachen. Vier dieser Patienten wurden mittels Debridement und partieller Rekonstruktion therapiert. Dabei zeigte sich in der Nachuntersuchung im EMG eine Regeneration des N. suprascapularis [116]. Diese Studie zeigt den eventuellen Benefit der Nerven-Dekompression ohne jedoch eine eindeutige Therapieempfehlung zu geben das Verfahren alleine oder begleitend bei Rekonstruktionen der Rotatorenmanschette durchzuführen [115].

Innerhalb der letzten Jahre wurde stetig daran geforscht die initiale Naht oder sogar einen irreparablen Defekt der Rotatorenmanschette mittels einer Patch Plastik zu verstärken oder den Defekt vollständig mit autologen oder allogenen Grafts zu decken [117]. Dabei wurden verschiedene Verfahren von Tractus iliotibiales Autograft, porcine Allograft, Extrazellulär Matrix Augmentation (ECM) bis zur langsam resorbierbaren Polyurethane-Urea Plastik in Studien einander gegenüber gestellt [118-122]. In einem Review über die Patch Augmentation macht Flury (2016) darauf aufmerksam, dass insbesondere für Läsionen der Sehnen des anterioren M. supraspinatus und superioren M. infraspinatus die Patch Augmentation einen Benefit bringt. Es aber zu beachten gilt, dass jedes Patch Material unterschiedliche Eigenschaften hat und die Patch Augmentation insbesondere für Patienten

geeignet ist mit einem erhöhtem Rerupturrisiko und nicht generalisiert angewandt werden sollte [123].

Im Jahre 1993 entwickelte Grammont die inverse Deltaprothese für den Einsatz bei Rotatorenmanschettenmassendefekten [124]. Die Prothese ermöglicht durch die Verlagerung des Drehzentrums den Hebel und Vorspannung des M. deltoideus zu verbessern und so die glenohumerale Stabilität und Abduktionsfähigkeit wieder herzustellen. Dabei ist noch nicht geklärt, ob die vermehrte extraanatomische Spannung für den M. deltoideus für die begrenzte Standzeit der inversen Prothesen durch eine Insuffizienz des Delta Muskels verantwortlich ist [115]. Darüber hinaus geht die endoprothetische Versorgung mit einem erhöhtem Infektionsrisiko einher, als auch der Möglichkeit einer Lockerung und periprothetischen Fraktur. Daher ist die Implantation einer inversen Prothese als Ultima Ratio bei irreparablen Rotatorenmanschettendefekten zu sehen.

#### **4.1 Literaturvergleich der Ergebnisse aus G1**

Innerhalb der Literatur der letzten Jahre über den M. latissimus dorsi Sehnentransfer gibt es kurzfristige [2, 125], mittelfristige [9, 11, 126, 127], als auch langfristige Ergebnisse mit Nachuntersuchungen von über zehn Jahren [10]. Dabei gilt der LDT als ein etabliertes Verfahren zur Therapie von irreparablen Rotatorenmanschettendefekten.

In dieser Studie wurde beim M. latissimus dorsi Transfer durchschnittlich ein Anstieg des gesamten Constant Score von 34 Punkten erreicht, von präoperativ 38 Punkte auf 72 Punkte postoperativ. In verschiedenen vorangegangenen Studien wurden vergleichbare Ergebnisse erzielt. Irlenbusch et al. (2008) untersuchten 52 Patienten mit M. latissimus dorsi Transfer durchschnittlich nach 11, 36 und 50 Monaten nach und zeigten eine signifikante durchschnittliche Zunahme des Constant Score um 36 Punkte, von präoperativ 32 Punkte auf 68 Punkte postoperativ ( $P < 0,001$ ). Die Patienten wurden in der Technik nach Gerber versorgt. Es zeigte sich, dass die Gruppe mit primärer Operation stärker profitierte mit einer Zunahme von 115 %, gegenüber der Gruppe mit Voroperationen mit 94 % [11].

Im Jahre 2012 versorgten Moursy et al. (2012) 16 Patienten mit einem M. latissimus dorsi Transfer mittels der Technik nach Herzberg. In der Nachuntersuchung nach mindestens 24 Monaten stellten sie eine durchschnittliche Zunahme des gesamten Constant Score von präoperativ 32 Punkten auf 76 Punkte postoperativ fest. Sie verglichen die Ergebnisse mit einer Gruppe aus 14 Patienten mit kombinierten Muskelflap aus M. teres major und M. latissimus dorsi nach der Technik von L'Episcopo und stellten keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen im Constant Score, dem akromiohumeralen Abstand und der Zunahme der Rotatorenmanschetten Arthropathie fest [128].

De Casas et al. (2014) untersuchten 14 Patienten mit M. latissimus dorsi Transfer nach durchschnittlich 52 Monaten. Das Durchschnittsalter der Patienten lag bei 59 Jahren. In der Arthroskopie wurden zwei partielle und eine totale Ruptur der M. subscapularis Sehne mittels Fadenanker und Naht behandelt. Der Muskeltransfer wurde in der nach Habermeyer beschriebenen Single-Inzision Technik durchgeführt. In der Nachuntersuchung zeigte sich eine signifikante durchschnittliche Steigerung des gesamten Constant Score um 26 Punkte, von präoperativ 33 Punkte auf 59 Punkte postoperativ ( $P=0,001$ ) [129]. Dies zeigt vergleichbare Ergebnisse, wobei eine M. subscapularis Ruptur als Ausschlußkriterium in dieser Studie galt.

Henseler et al. (2014) untersuchten in einer prospektiven klinischen Studie acht Patienten mit M. latissimus dorsi Transfer nach mindestens 24 Monaten postoperativ. Ein Ziel der Studie war es zu zeigen, ob die Verbesserung der Schulterfunktion auf die aktive Muskel Kontraktion oder aufgrund des passiven Tenodesis Effekt des Muskeltransfers beruht. Im Constant Score kam es bei den im Durchschnitt 58 Jahre alten Patienten zu einer signifikanten Steigerung des gesamten Constant Score um durchschnittlich 23 Punkte, von präoperativ 39 Punkte auf 62 Punkte postoperativ ( $P=0,01$ ). Ferner beschrieben sie innerhalb der EMG Untersuchung, dass der transferierte Muskel bei Abduktion und Außenrotation die doppelte Aktivität als in Ruhe zeigte und die klinische Verbesserung neben dem passiven Tenodesis Effekt auch auf Synergismus Effekte bei Abduktion und Außenrotation beruhen [130].

In einer Studie mit 16 Patienten von Gerber et al. (1992) stieg durchschnittlich die aktive Flexion von präoperativ 83 Grad auf 135 Grad postoperativ an [127]. Aoki et al. (1996) führten an zwölf Schultern den M. latissimus dorsi Transfer durch. Dabei verbesserte sich durchschnittlich die aktive Flexion von präoperativ 99 Grad auf 135 Grad postoperativ [126]. Habermeyer et al. untersuchten mit der gleichen angewandten Single-Inzision Technik im Jahre 2006 14 Patienten. Dabei zeigte sich eine Verbesserung der aktiven Flexion von 119 Grad auf 170 Grad postoperativ. In der bereits erwähnten Studie von Irlenbusch et al. (2008) zeigten sich auch im Bereich des Bewegungsumfangs signifikante Verbesserungen. Die aktive Abduktion steigerte sich von durchschnittlich 69 Grad präoperativ auf 143 Grad postoperativ ( $P<0,01$ ), die aktive Flexion von 79 Grad auf 151 Grad ( $P<0,001$ ) und die aktive Außenrotation von 18 Grad auf 23 Grad ( $P<0,001$ ) [11]. Birmingham et al. (2008) erreichten bei 18 Patienten eine durchschnittliche Zunahme der aktiven Elevation von 56 Grad auf 132 Grad postoperativ [131]. Im Jahre 2013 untersuchten Gerber et al. 57 Schultern und stellten dabei eine durchschnittliche Zunahme der Flexion von präoperativ 118 Grad auf 132 Grad postoperativ fest [10]. In dieser Studie konnte sogar ein signifikanter Gewinn ( $P=0,001$ ) der aktiven Flexion von präoperativ 93 Grad auf 161 Grad postoperativ nachgewiesen werden. Dies bestätigt auch im internationalen Vergleich die Annahme, dass der transferierte Muskel zur Steigerung der aktiven Flexion beiträgt.

In der Nachuntersuchung der aktiven Aussenrotation wiesen Gerber et al. (2013) in der oben genannten Studie eine durchschnittliche Zunahme der Aussenrotation von präoperativ 18 Grad auf 33 Grad postoperativ nach [10]. Henseler et al. präsentierten 2014 die Ergebnisse von acht Patienten mit M. latissimus dorsi Transfer. Es kam zu einer Zunahme der Aussenrotation von präoperativ 23 Grad auf 51 Grad postoperativ [130]. In der Studie von De Casas et al. (2014) steigerte sich das Bewegungsausmaß signifikant in der aktiven Flexion, Abduktion und Aussenrotation. Im Durchschnitt nahm die Flexion um 48 Grad, von 84 Grad präoperativ auf 132 Grad postoperativ ( $P=0,003$ ), die Abduktion um 45 Grad, von 80 Grad präoperativ auf 125 Grad postoperativ ( $P=0,003$ ) und die aktive Aussenrotation um 16 Grad zu, von 12 Grad präoperativ auf 30 Grad postoperativ ( $P=0,03$ ). Zusätzlich wurde eine oberflächliche Myographie des transferierten M. latissimus dorsi durchgeführt. Dabei zeigte sich im Vergleich zur gesunden Seite eine verstärkte Aktivität bei Aussenrotation und bei einer kombinierten Abduktion-Elevation Bewegung. Insgesamt würden elf Patienten (78%) die Operation wiederholen, zehn Patienten (71%) waren sehr zufrieden, zwei Patienten (14%) waren mäßig zufrieden und zwei Patienten (14%) unzufrieden [129]. In dieser Studie verbesserte sich die Außenrotation in G1 mit LD Transfer signifikant ( $P=0,003$ ) von präoperativ 22 Grad auf 44 Grad postoperativ. Dies entspricht den in der Literatur beschriebenen Ergebnissen und zeigt den Vorteil eines Muskeltransfers gegenüber Verfahren die eine isolierte Schmerzlinderung erreichen.

Innerhalb der Kraftuntersuchung konnte Gerber et al. (2013) in einer Langzeitstudie zeigen, dass die Kraftzunahme der Abduktion von präoperativ 1,2 kg auf 2,0 kg postoperativ auch nach einem Nachuntersuchungszeitraum von 147 Monaten konstant war. Sie postulierten, dass die postoperativ erreichte Kraftsteigerung in der zwei Jahres Nachuntersuchung, sich in den nächsten zehn Jahren mehrheitlich konstant verhielt [10]. In der bereits oben beschriebenen Studie von Irlenbusch et al. (2008) wurde gezeigt, dass die Kraft sich von 3,6 kp auf 6,8 kp durchschnittlich steigerte [11]. In dieser Studie konnte eine signifikante ( $P=0,035$ ) Kraftzunahme der Abduktion von präoperativ 0,4 kg auf 2,3 kg innerhalb von 24 Monaten postoperativ beobachtet werden. Es ist nach Gerber et al. mit einer hohen Wahrscheinlichkeit zu erwarten, dass sich die erreichte Kraftzunahme im weiteren Verlauf konstant verhalte [10].

## **4.2 Literaturvergleich der Ergebnisse aus G2**

Im Vergleich zum Verfahren des M. latissimus dorsi Transfers gibt es innerhalb der klinischen Forschung vereinzelt Ergebnisse über das klinischen Outcome mittels M. teres major Transfer.



Celli et al. publizierten im Jahre 1998 erstmals eine Studie zum klinischen Outcome bei sechs Patienten mit M. teres Major Transfer basierend auf die Erkenntnisse von Bellumore et al. [132] über die eventuellen anatomischen Vorteile des M. teres major. Die Operationstechnik fand Anlehnung an die Beschreibung von L'Episcopo [14] und Zachary [133]. Dabei verbesserte sich der gesamte Constant Score durchschnittlich von 40 Punkte präoperativ auf postoperativ 62 Punkte [3]. Im Jahre 2005 zeigte Celli et al. in einer weiteren Studie bei 20 Patienten mit M. teres major Transfer, dass sich der Constant Score von 32 Punkten präoperativ auf 66 Punkte postoperativ im Mittel um 34 Punkte verbesserte [134]. Henseler et al. (2013) führten bei 28 Patienten im Durchschnittsalter von 60 Jahren den M. teres major Transfer durch. In der durchschnittlichen Nachuntersuchung von 25 Monaten zeigte sich im Gesamt Constant Score eine signifikante Verbesserung im Mittel um 22 Punkte, von 43 Punkten präoperativ auf 65 Punkte postoperativ [135]. Innerhalb dieser Studie mittels M. teres major Transfer kam es durchschnittlich zu einer signifikanten ( $P<0,001$ ) Steigerung des gesamten Constant Score um 27 Punkte, von präoperativ 45 Punkten auf postoperativ 72 Punkte und zeigt vergleichbare Ergebnisse wie in der Literatur beschrieben.

In Bezug auf das Bewegungsausmaß steigerte sich nach der bereits oben genannten Studie von Henseler et al. aus dem Jahre 2013 die aktive Abduktion signifikant im Durchschnitt um 26 Grad, von präoperativ 79 Grad auf postoperativ 105 Grad ( $P=0,01$ ). Die durchschnittliche Steigerung der Aussenrotation lag bei 30 Grad. Dies zeigt eine signifikante Verbesserung von präoperativ 25 Grad auf postoperativ 55 Grad ( $P<0,001$ ) [135]. Celli et al. zeigte im Jahre 1998 eine Verbesserung der aktiven Aussenrotation bei sechs Patienten mit M. teres major Transfer im Mittel um 35 Grad in 90 Grad Abduktion und 24 Grad mit adduziertem Arm [3]. Im Vergleich zur vorliegenden Studie verbesserte sich die Abduktion signifikant ( $P=0,005$ ) im Mittel um 40 Grad, von präoperativ 106 Grad, auf 146 Grad postoperativ. Während es bei der aktiven Aussenrotation zu einer Abnahme der Beweglichkeit kam. Präoperativ erreichten im Durchschnitt die Patienten 34 Grad und postoperativ 31 Grad. Während in der Literatur nach Durchführung eines TM Transfers eine signifikante Verbesserung der aktiven Außenrotation beschrieben wird, konnte dies nicht in der vorliegenden Studie gezeigt werden.

### **4.3 Kritikpunkte der Studie**

Als Kritikpunkt der Studie kann die Anzahl, der an der Studie teilgenommen Patienten gesehen werden. Die Fallzahl lässt einen Rückschluss auf die Aussagekraft zu. Hierbei errechnet sich der Mittelwert aus wenigen Werten, die zur Ermittlung der Signifikanz der Veränderung herangezogen werden. So zum Beispiel kam es in Bezug auf die postoperative Kraft zu keinem signifikanten Unterschied ( $P=0,08$ ) weder innerhalb noch zwischen G1 und

G2. Doch bei Betrachtung der Einzelwerte zeigte sich der positive Trend bei M. teres major Transfer (4,3 kg) gegenüber M. latissimus dorsi Transfers (2,3 kg). Dies zeigt die Relevanz der Betrachtung der Einzelwerte neben der Signifikanz bei der klinischen Beurteilung der Ergebnisse [136].

Durch eine beschränkte Fallzahl kann es zu einer inhomogenen Bildung der Gruppen kommen. So zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen G1 und G2 in Bezug auf die Anzahl der Voroperationen. Dieser Unterschied könnte einen Einfluss auf die Ergebnisse haben. So wäre bei einer ausreichend großen Gruppe zu erwägen Subgruppen zu bilden um eventuelle Störfaktoren zu identifizieren.

Um eine eindeutige Empfehlung aussprechen zu können sind weitere klinische Studien notwendig. Es wäre wünschenswert aus verschiedenen Zentren Daten zu vergleichen. In Sinne der Evidence based medicine sind Metaanalysen notwendig um mit einem möglichst hohen therapeutischen Level Aussagen machen zu können [137, 138].

#### **4.4 Fazit**

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass bei posterosuperioren Rotatorenmanschetten Massenrupturen ein Muskeltransfer sowohl mittels M. latissimus dorsi als auch mit M. teres major eine signifikante Besserung im Constant Score, als auch der Range of motion und Funktion der operierten Schulter erreicht werden kann. Beide Muskeltransfers erreichten das Ziel einer signifikanten Beschwerdeverbesserung als auch einer Zunahme der durchschnittlichen Kraft.

In fast allen subjektiven Bewertungen der betroffenen Schulter durch den Patienten kam es zu einer signifikanten Verbesserung. Im gesamten als auch relativen Constant Score erreichten beide Gruppen eine signifikante Verbesserung ( $P < 0,05$ ). Auch bei der Evaluation der Globalfunktion bestehend aus Schmerz, Funktion und Einschränkung in Relation zu einer gesunden Schulter nach Gerber [107] gaben die Patienten beider Gruppen eine signifikante Steigerung des Prozentsatzes an.

In der radiologischen Untersuchung ergab sich der Trend ( $P \geq 0,05$ ) einer durchschnittlich verbesserten Gelenkzentrierung. Auch konnte gezeigt werden, dass der Arthrosegrad nach Hamada und der akromiohumerale Abstand nach zwei Jahren sich nur leicht ( $P \geq 0,05$ ) veränderte. Somit stellen beiden Operationen ein geeignetes Mittel dar, das Fortschreiten der Arthrose im Gelenk zu verhindern. Der Muskeltransfer sowohl mit dem M. latissimus dorsi als auch mit dem M. teres major stellt bei gut vorselektierten Patienten eine primäre Alternative zum Gelenkersatz dar. Der Vorteil liegt insbesondere in einer geringeren Infektionsrate und der Unmöglichkeit einer Lockerung beziehungsweise Verschleiß der Prothese [139].

Beide Verfahren konnten zeigen, dass sich die Beweglichkeit insgesamt verbesserte. Sowohl die Flexion als auch die aktive Abduktion verbesserte sich signifikant ( $P < 0,05$ ). Der Unterschied lag insbesondere in der Außenrotation. Hier zeigte sich eine signifikante Verbesserung ( $P < 0,05$ ) beim M. latissimus dorsi Transfer, während sie beim M. teres major Transfer konstant blieb. So blieb auch das ARO-lag Zeichen bei M. teres major Transfer konstant ( $P \geq 0,05$ ). Während es sich innerhalb von G1 mit M. latissimus dorsi Transfer signifikant verbesserte ( $P < 0,05$ ). Somit zeigt sich der Vorteil des Muskeltransfers gegenüber dem arthroskopischen Debridement, LBS-Tenotomie und der Akromioplastik. Hierbei wird nach Patzer et al. eine gute Schmerzreduktion erreicht, jedoch ohne Effekt auf die aktive Beweglichkeit [115]. Einige Autoren konnten zeigen, dass vor allem bei älteren Patienten mit geringem funktionellem Anspruch und bei fortgeschrittenen Rotatorenmanschettendefekten alleine die Akromioplastie und Debridement ausreichten um den Schmerz zu kontrollieren [12, 140, 141]. Demgegenüber zeigen sich in dieser Studie die Vorteile eines Muskeltransfers bei aktiven Patienten mit hohem funktionellem Anspruch. Neben der Schmerzlinderung übernimmt der transferierte Muskel nicht nur positiven Einfluss auf die Gelenkzentrierung, sondern auch auf deren Bewegungsumfang und dessen Kraft.

Es konnte gezeigt werden, dass postoperativ kein Verlust der Schulter Extension, Adduktion, Außen- oder Innenrotation nach dem Muskeltransfer folgte. Die sechs anderen Muskeln des glenohumeralen Komplexes übernehmen die Funktion des transferierten Muskels und kompensieren den Verlust. Es zeigte sich wie nach Spear et al. (2005) eine Hypertrophie des M. Teres minor und eine Kompensation der ursprünglichen Funktion des Muskels [142].

Beide Verfahren dienen einer Schmerzlinderung und Verbesserung der Funktion. Insbesondere der LDT stellt eine schonende und komplikationsarme Methode dar. In der Gruppe mit M. latissimus dorsi Transfer kam es zu keinen Komplikationen. Während es in der Gruppe mit M. teres major Transfer bei einem Patient zu Flapruptur und einem anderem Patient zum Ankerariss kam. Dies entspricht der Schlussfolgerung von Buijze et al. (2007), die in einer Kadaverstudie mit 62 Schultern eine detaillierte Beschreibung der Morphologie von M. teres major und M. latissimus dorsi vornahmen und dabei eine höhere Ausrisswahrscheinlichkeit beim TMT aufgrund seiner kürzeren Sehne postulierten [55].

Aufgrund der Ergebnisse dieser Studie empfehlen wir bei gut vorselektierten Patienten mit massiven irreparablen posterosuperioren Rotatorenmanschettenrupturen einen M. latissimus dorsi Transfer durchzuführen um das Fortschreiten des Verschleißes im Schultergelenk zu verhindern, eine Schmerzlinderung herbeizuführen und den Bewegungsumfang zu verbessern. Es konnte gezeigt werden, dass der Latissimus Muskeltransfer die

durchschnittliche Kraft bei Abduktion steigert und der transferierte Muskel die Außenrotation signifikant verbessert.

In unserer alternden Gesellschaft mit dennoch steigendem funktionellem Anspruch ist anzunehmen, dass die Relevanz und Häufigkeit des Muskeltransfers in Zukunft steigt. In diesem Jahr wurde erstmal die vollständige Arthroskopische Technik des M. latissimus dorsi Transfers beschrieben [143]. Dabei zeigt die rasante Entwicklung der operative Technik als auch die Vielzahl der klinischen Studien das steigende Interesse über das letzte Jahrzehnt. Die bisherige Entwicklung lässt erahnen, dass das Interesse für das Themengebiet des Muskeltransfers in der Schulterchirurgie wächst und der wissenschaftliche Drang das Themengebiet weiter zu erforschen fortschreitet.

## **5 Zusammenfassung**

Massive irreparable posterosuperiore Rotatorenmanschettenrupturen können mit schwerer funktioneller Beeinträchtigung und heftigen Schmerzen einhergehen. In diesen Fällen, meist nach frustranter konservativer Therapie stehen verschiedene operative Möglichkeiten zur Verfügung. Als etabliertes Verfahren gilt der Latissimus dorsi Muskeltransfer. Anatomische und biomechanische Studien zeigten, dass der M. teres major Flap hinsichtlich seines Kraftvektors und seiner Sehnenlänge und –breite Vorteile bieten könnte. Wobei der Muskel Latissimus dorsi beim Transfer relativ gesehen weniger verlängert wird. Ziel dieser Arbeit ist es in einer prospektiv randomisierten Studie das klinische Outcome zwischen beiden OP-Verfahren bei massiven irreparablen posterosuperioren Rotatorenmanschettenrupturen zu vergleichen und Unterschiede heraus zu arbeiten.

Es wurden 20 Patienten (sieben weiblich/ 13 männlich) mittels einem Latissimus dorsi Flap versorgt und 25 Patienten (sieben weiblich/ 18 männlich) mit einem Teres major Muskeltransfer. Alle Patienten wiesen eine posterosuperiore Massenruptur der Rotatorenmanschette auf mit einer Sehnenretraktion Grad drei nach Patte [92] und einer Muskelatrophie Grad drei nach Thomazeau.[94] Vorausgesetzt wurde ein intakter M. subscapularis und M. deltoideus. Beide Patientengruppen wurden nach einem Mindestzeitraum von zwei Jahren nachuntersucht. In der Gruppe mit Latissimus dorsi Transfer fand dies durchschnittlich nach 29 Monaten und mit Teres major Flap im Median nach 30 Monaten statt. Beurteilt wurde in der klinischen Untersuchung die Funktionalität, Kraft und Schmerzhaftigkeit des betroffenen Schultergelenks. Radiologisch wurde der Arthrosegrad nach Hamada [105] bestimmt, sowie der Akromiohumerales Abstand gemessen zur Dokumentation der Kraniialisierung des Humeruskopfes. Zuletzt fand eine sonographische Bewertung der Integrität des transferierten Muskels und Rotatorenmanschette statt.

Beide Operationsmethoden mit M. teres major als auch mit M. latissimus dorsi Muskeltransfer erzielten sehr zufriedenstellende Ergebnisse auch bei älteren sowie voroperierten Patienten. Es konnte gezeigt werden, dass sich in beiden Gruppen der gesamte Constant Murley Score, sowie die aktive Flexion und Abduktion signifikant ( $P < 0,05$ ) im Verlauf verbesserte. Außerdem wurde in beiden Gruppen ein Fortschreiten der Arthrose verhindert. Vielmehr konnte radiologisch in der Nachuntersuchung eine leichte ( $P \geq 0,05$ ) Zunahme des akromiohumeralen Abstands innerhalb der Gruppe mit M. Latissimus dorsi Flap nachgewiesen werden. In der Kategorie ROM zeigte sich im Vergleich ein signifikant höherer Bewegungsumfang in der Gruppe mit Latissimus dorsi Transfer. Während die aktive Aussenrotation bei Patienten mit M. teres major Transfer unverändert blieb, verbesserte sie sich bei denjenigen mit M. latissimus dorsi Transfer signifikant ( $P < 0,05$ ). Zusätzlich war bei LD Transfer das ARO-lag Zeichen signifikant ( $P < 0,05$ ) vermindert wobei es bei M. teres major Transfer unverändert blieb. Optimale Ergebnisse erzielten beide Operationstechniken. Die Komplikationsrate lag bei der Gruppe mit M. teres major Transfer bei einer Flapruptur und einem Ankerausriß. Während in der Gruppe mit M. latissimus dorsi Transfer es zu keinen Rupturen kam. In Bezug auf das funktionelle Versagen erreichten bei intaktem Flap mit Latissimus dorsi Flap zwei Patienten keine 90 Grad bei Abduktion und Flexion, während es bei drei Patienten mit M. teres major Transfer der Fall war.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Studie ist die aktuelle Empfehlung bei gut vorselektierten Patienten mit massiven irreparablen posterosuperioren Rotatorenmanschettenrupturen die Durchführung des Latissimus dorsi Muskeltransfers.

## 6 Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
Abb.	Abbildung
AC	Acromioclavicular
AHA	Acromiohumeraler Abstand
ap	anterior-posterior
ARO	Außenrotation
CS	Constant Score
EAP	Erweiterte ambulante Physiotherapie
EMG	Elektromyographie
HK	Humeruskopf
IRO	Innenrotation
ISP	Infraspinatus
KM	Kontrastmittel
kg	Kilogramm
LBS	Lange Bizepssehne
LD	M. latissimus dorsi
LDT	M. latissimus dorsi Transfer
m	männlich
M.	Musculus
Max.	Maximum
Min.	Minimum
Mm.	Musculi
MRT	Magnetresonanztomographie
N.	Nervus
Pkt.	Punkt
postop	Postoperativ
präop	Präoperativ
PSRCT	Posterosuperiore Rotatorenmanschetten Defekte
ROM	Range of motion, Bewegungsausmaß
RM	Rotatorenmanschette
SD	Standardabweichung
SSP	Supraspinatus
SSC	Subscapularis
Tab.	Tabelle
TM	M. teres major
TMT	M. teres major Transfer
Tub.	Tuberculum
w	weiblich

## 7 Literaturverzeichnis

1. Warner, J.J. and I.M.t. Parsons, *Latissimus dorsi tendon transfer: a comparative analysis of primary and salvage reconstruction of massive, irreparable rotator cuff tears*. J Shoulder Elbow Surg, 2001. **10**(6): p. 514-21.
2. Gerber, C., et al., *Latissimus dorsi transfer for the treatment of massive tears of the rotator cuff. A preliminary report*. Clin Orthop Relat Res, 1988(232): p. 51-61.
3. Celli, L., et al., *Transplantation of teres major muscle for infraspinatus muscle in irreparable rotator cuff tears*. J Shoulder Elbow Surg, 1998. **7**(5): p. 485-90.
4. Cofield, R.H., *Subscapular muscle transposition for repair of chronic rotator cuff tears*. Surg Gynecol Obstet, 1982. **154**(5): p. 667-72.
5. Apoil, A. and B. Augereau, *[Deltoid flap repair of large losses of substance of the shoulder rotator cuff]*. Chirurgie, 1985. **111**(3): p. 287-90.
6. Neviaser, J.S., R.J. Neviaser, and T.J. Neviaser, *The repair of chronic massive ruptures of the rotator cuff of the shoulder by use of a freeze-dried rotator cuff*. J Bone Joint Surg Am, 1978. **60**(5): p. 681-4.
7. Ozaki, J., et al., *Reconstruction of chronic massive rotator cuff tears with synthetic materials*. Clin Orthop Relat Res, 1986(202): p. 173-83.
8. Senekovic, V., et al., *Prospective clinical study of a novel biodegradable sub-acromial spacer in treatment of massive irreparable rotator cuff tears*. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2013. **23**(3): p. 311-6.
9. Habermeyer, P., et al., *Transfer of the tendon of latissimus dorsi for the treatment of massive tears of the rotator cuff: a new single-incision technique*. J Bone Joint Surg Br, 2006. **88**(2): p. 208-12.
10. Gerber, C., et al., *Latissimus dorsi tendon transfer for treatment of irreparable posterosuperior rotator cuff tears: long-term results at a minimum follow-up of ten years*. J Bone Joint Surg Am, 2013. **95**(21): p. 1920-6.
11. Irlenbusch, U., et al., *Latissimus dorsi transfer for irreparable rotator cuff tears: a longitudinal study*. J Shoulder Elbow Surg, 2008. **17**(4): p. 527-34.
12. Rockwood, C.A., *The Shoulder*. 2004: Saunders.
13. Vesalius, A., W.F. Richardson, and J.B. Carman, *On the Fabric of the Human Body*. Norman Pub.
14. L'Episcopo, J.B., *Tendon transplantation in obstetrical paralysis*. The American Journal of Surgery, 1934. **25**(1): p. 122-125.
15. Codman, E.A., *The Shoulder: Rupture of the Supraspinatus Tendon and Other Lesions in Or about the Subacromial Bursa*. 1934: T. Todd Company, Printers.
16. Zafra, M., P. Carpintero, and C. Carrasco, *Latissimus dorsi transfer for the treatment of massive tears of the rotator cuff*. Int Orthop, 2009. **33**(2): p. 457-62.
17. Degreef, I., et al., *Treatment of irreparable rotator cuff tears by latissimus dorsi muscle transfer*. Acta Orthop Belg, 2005. **71**(6): p. 667-71.
18. Moursy, M., et al., *Latissimus dorsi transfer: L'Episcopo versus Herzberg technique*. Acta Orthop Belg, 2012. **78**(3): p. 296-303.
19. Lichtenberg, S., P. Magosch, and P. Habermeyer, *Are there advantages of the combined latissimus-dorsi transfer according to L'Episcopo compared to the isolated latissimus-dorsi transfer according to Herzberg after a mean follow-up of 6 years? A matched-pair analysis*. J Shoulder Elbow Surg, 2012. **21**(11): p. 1499-507.
20. Comtet, J.J., G. Herzberg, and I.A. Naasan, *Biomechanical basis of transfers for shoulder paralysis*. Hand Clin, 1989. **5**(1): p. 1-14.
21. Wang, A.A., et al., *The teres major muscle: an anatomic study of its use as a tendon transfer*. J Shoulder Elbow Surg, 1999. **8**(4): p. 334-8.
22. Beauchamp, M., et al., *Functional outcome after the L'Episcopo procedure*. J Shoulder Elbow Surg, 1998. **7**(2): p. 90-6.
23. Siewert, J.R., *Chirurgie*. Vol. 8. 2006: Springer Medizin Verlag Heidelberg.

24. Kapandji, I.A., *Funktionelle Anatomie der Gelenke*. Vol. 5. 2009, Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
25. Lippert, H., *Lehrbuch Anatomie*. Vol. 7. 2006: Elsevier GmbH, München.
26. Schünke, M., E. Schulte, and U. Schumacher, *Prometheus*. Vol. 2. 2007.
27. Henne-Bruns, D., B. Kremer, and M. Düring, *Duale Reihe Chirurgie* Vol. 3. 2008.
28. Fusco, A., et al., *The shoulder in sport management, rehabilitation and prevention*. 2008: Elsevier.
29. Habermeyer, P., S. Lichtenberg, and P. Magosch, *Schulterchirurgie*. Vol. 4. 2010, München: Elsevier GmbH, München. 2-20, 39-62.
30. Maffulli, N., *Rotator Cuff Tear*. 2012.
31. Kibler, W.B., *The scapula in rotator cuff disease*. Med Sport Sci, 2012. **57**: p. 27-40.
32. Schiebler, T.H., *Anatomie*. Vol. 9. 2005, Heidelberg: Schiebler, Theodor Heinrich.
33. Gray, H., *Gray's Anatomy of the Human Body*. Vol. 20. 2000.
34. Tittel, K., *Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen*. 2003: Urban & Fischer Verlag München Jena.
35. Stoller, D.W., *Magnetic Resonance Imaging in Orthopaedics and Sports Medicine*. 3rd ed. Vol. 2. 2007, Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins. 2161.
36. Putz, R., J. Liebermann, and A. Reichelt, [*The function of the coracoacromial ligament*]. Acta Anat (Basel), 1988. **131**(2): p. 140-5.
37. Matsen, F.A., 3rd, C.M. Chebli, and S.B. Lippitt, *Principles for the evaluation and management of shoulder instability*. Instr Course Lect, 2007. **56**: p. 23-34.
38. Pauwels, F., *Gesammelte Abhandlungen zur Funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates*. 1965, Berlin: Springer.
39. Huggenberger, D.S. *Arteria suprascapularis*. 2013; Available from: [http://flexikon.doccheck.com/de/Arteria\\_suprascapularis](http://flexikon.doccheck.com/de/Arteria_suprascapularis).
40. Chansky, H.A. and J.P. Iannotti, *The vascularity of the rotator cuff*. Clin Sports Med, 1991. **10**(4): p. 807-22.
41. Biberthaler, P., et al., *Microcirculation associated with degenerative rotator cuff lesions. In vivo assessment with orthogonal polarization spectral imaging during arthroscopy of the shoulder*. J Bone Joint Surg Am, 2003. **85-a**(3): p. 475-80.
42. Katzer, A., et al., [*Rotator cuff rupture. Vascular supply and collagen fiber processes as pathogenetic factors*]. Unfallchirurgie, 1997. **23**(2): p. 52-9.
43. Ling, S.C., C.F. Chen, and R.X. Wan, *A study on the vascular supply of the supraspinatus tendon*. Surg Radiol Anat, 1990. **12**(3): p. 161-5.
44. Rathbun, J.B. and I. Macnab, *The microvascular pattern of the rotator cuff*. J Bone Joint Surg Br, 1970. **52**(3): p. 540-53.
45. Habermeyer, P., P. Magosch, and S. Lichtenberg, *Classifications and Scores of the Shoulder*. 2006, Heidelberg, Berlin: Springer.
46. Natsis, K., et al., *Proposal for classification of the suprascapular notch: a study on 423 dried scapulas*. Clin Anat, 2007. **20**(2): p. 135-9.
47. Rengachary, S.S., et al., *Suprascapular entrapment neuropathy: a clinical, anatomical, and comparative study. Part 2: anatomical study*. Neurosurgery, 1979. **5**(4): p. 447-51.
48. Van, L. and J.D. Mulder, *FUNCTION OF THE SUPRASPINATUS MUSCLE AND ITS RELATION TO THE SUPRASPINATUS SYNDROME. AN EXPERIMENTAL STUDY IN MAN*. J Bone Joint Surg Br, 1963. **45**: p. 750-4.
49. Colachis, S.C., Jr. and B.R. Strohm, *Effect of suprascapular and axillary nerve blocks on muscle force in upper extremity*. Arch Phys Med Rehabil, 1971. **52**(1): p. 22-9.
50. Longo, U.G., et al., *Biomechanics of the rotator cuff: European perspective*. Med Sport Sci, 2012. **57**: p. 10-7.
51. Roh, M.S., et al., *Anterior and posterior musculotendinous anatomy of the supraspinatus*. J Shoulder Elbow Surg, 2000. **9**(5): p. 436-40.
52. Lee, S.B., et al., *The bursal and articular sides of the supraspinatus tendon have a different compressive stiffness*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2000. **15**(4): p. 241-7.
53. Rickert, M., H. Georgousis, and U. Witzel, [*Tensile strength of the tendon of the supraspinatus muscle in the human. A biomechanical study*]. Unfallchirurg, 1998. **101**(4): p. 265-70.
54. Benjamin, M., E.J. Evans, and L. Copp, *The histology of tendon attachments to bone in man*. J Anat, 1986. **149**: p. 89-100.



55. Buijze, G.A., et al., *Musculotendinous transfer as a treatment option for irreparable posterosuperior rotator cuff tears: teres major or latissimus dorsi?* Clin Anat, 2007. **20**(8): p. 919-23.
56. Halder, A., et al., *Structural properties of the subscapularis tendon.* J Orthop Res, 2000. **18**(5): p. 829-34.
57. Slatis, P. and K. Aalto, *Medial dislocation of the tendon of the long head of the biceps brachii.* Acta Orthop Scand, 1979. **50**(1): p. 73-7.
58. Neer, C.S., 2nd, *Impingement lesions.* Clin Orthop Relat Res, 1983(173): p. 70-7.
59. Krieter, C.H., *Die arthroskopische Klassifikation der artikulareseitigen Rotatorenmanschettenpartialrupturen.* 2008, Ludwig-Maximilians-Universität München.
60. Shaffer, B. and D. Huttman, *Rotator cuff tears in the throwing athlete.* Sports Med Arthrosc, 2014. **22**(2): p. 101-9.
61. Fachgesellschaften., A.d.W.M., *Rotatorenmanschettenruptur S1 Leitlinie.* Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (DGOOC) und des Berufsverbandes der Ärzte für Orthopädie (BVO ), 2003.
62. Copeland, S., A. Benjamin, and R. Birch, *Operative shoulder surgery.* 1995: Churchill Livingstone.
63. Lohr, J.F. and H.K. Uhthoff, *The microvascular pattern of the supraspinatus tendon.* Clin Orthop Relat Res, 1990(254): p. 35-8.
64. Lohr, J.F. and H.K. Uhthoff, *[Epidemiology and pathophysiology of rotator cuff tears].* Orthopade, 2007. **36**(9): p. 788-95.
65. Uhthoff, H.K. and K. Sarkar, *[Anatomy and pathology of the rotator cuff].* Orthopade, 1995. **24**(6): p. 468-74.
66. Moseley, H.F. and I. Goldie, *THE ARTERIAL PATTERN OF THE ROTATOR CUFF OF THE SHOULDER.* J Bone Joint Surg Br, 1963. **45**: p. 780-9.
67. Levy, O., et al., *Measurement of blood flow in the rotator cuff using laser Doppler flowmetry.* J Bone Joint Surg Br, 2008. **90**(7): p. 893-8.
68. Brewer, B.J., *Aging of the rotator cuff.* Am J Sports Med, 1979. **7**(2): p. 102-10.
69. Kumagai, J., K. Sarkar, and H.K. Uhthoff, *The collagen types in the attachment zone of rotator cuff tendons in the elderly: an immunohistochemical study.* J Rheumatol, 1994. **21**(11): p. 2096-100.
70. Kannus, P., et al., *A rotator cuff rupture produces permanent osteoporosis in the affected extremity, but not in those with whom shoulder function has returned to normal.* J Bone Miner Res, 1995. **10**(8): p. 1263-71.
71. Fukuda, H., et al., *Pathology and pathogenesis of the intratendinous tearing of the rotator cuff viewed from en bloc histologic sections.* Clin Orthop Relat Res, 1994(304): p. 60-7.
72. Yamanaka, K. and T. Matsumoto, *The joint side tear of the rotator cuff. A followup study by arthrography.* Clin Orthop Relat Res, 1994(304): p. 68-73.
73. Bigliani, L.U., et al., *The relationship of acromial architecture to rotator cuff disease.* Clin Sports Med, 1991. **10**(4): p. 823-38.
74. Kennedy, J.C. and R.B. Willis, *The effects of local steroid injections on tendons: a biomechanical and microscopic correlative study.* Am J Sports Med, 1976. **4**(1): p. 11-21.
75. Barlow, J.D., et al., *Shoulder arthroplasty for rheumatoid arthritis: 303 consecutive cases with minimum 5-year follow-up.* J Shoulder Elbow Surg, 2014. **23**(6): p. 791-9.
76. Joseph Horrigan, D.C.J.R., *The 7-Minute Rotator Cuff Solution.* 1991.
77. Imhoff, A.B., R. Linke, and R. Baumgartner, *Checkliste Orthopädie.* 2010: Thieme.
78. Neer, C.S., 2nd, *Anterior acromioplasty for the chronic impingement syndrome in the shoulder: a preliminary report.* J Bone Joint Surg Am, 1972. **54**(1): p. 41-50.
79. Khan, Y., et al., *The painful shoulder: shoulder impingement syndrome.* Open Orthop J, 2013. **7**: p. 347-51.
80. McRae, R., *Clinical Orthopaedic Examination.* 2010: Churchill Livingstone/Elsevier.
81. Fukuda, H., M. Mikasa, and K. Yamanaka, *Incomplete thickness rotator cuff tears diagnosed by subacromial bursography.* Clin Orthop Relat Res, 1987(223): p. 51-8.
82. Duckworth, D.G., et al., *Self-assessment questionnaires document substantial variability in the clinical expression of rotator cuff tears.* J Shoulder Elbow Surg, 1999. **8**(4): p. 330-3.
83. Morrey, B.F., et al., *Rupture of the distal tendon of the biceps brachii. A biomechanical study.* J Bone Joint Surg Am, 1985. **67**(3): p. 418-21.

84. Doyscher, R. and M. Scheibel, *Klinische Untersuchung der Schulter - ein strukturierter Überblick*.
85. Neviaser, J.S., *Ruptures of the rotator cuff of the shoulder. New concepts in the diagnosis and operative treatment of chronic ruptures*. Arch Surg, 1971. **102**(5): p. 483-5.
86. Buckup, K. and J. Buckup, *Klinische Tests an Knochen, Gelenken und Muskeln: Untersuchungen - Zeichen - Phänomene*. 2012: Thieme.
87. Kaneko, K., E.H. De Mouy, and M.E. Brunet, *Massive rotator cuff tears screening by routine radiographs*. Clinical Imaging, 1995. **19**(1): p. 8-11.
88. Drakeford, M.K., et al., *A comparative study of ultrasonography and arthrography in evaluation of the rotator cuff*. Clin Orthop Relat Res, 1990(253): p. 118-22.
89. Collin, P., et al., *Evaluating postoperative rotator cuff healing: Prospective comparison of MRI and ultrasound*. Orthop Traumatol Surg Res, 2015. **101**(6 Suppl): p. S265-8.
90. Middleton, W.D., *Ultrasonography of rotator cuff pathology*. Top Magn Reson Imaging, 1994. **6**(2): p. 133-8.
91. Shellock, F.G., et al., *Evaluation of the rotator cuff and glenoid labrum using a 0.2-Tesla extremity magnetic resonance (MR) system: MR results compared to surgical findings*. J Magn Reson Imaging, 2001. **14**(6): p. 763-70.
92. Patte, D., *Classification of rotator cuff lesions*. Clin Orthop Relat Res, 1990(254): p. 81-6.
93. Paulo Santoro Belangero, B.E.a.G.A., *A Review of Rotator Cuff Classifications in Current Use*. 2013.
94. Thomazeau, H., et al., *Atrophy of the supraspinatus belly. Assessment by MRI in 55 patients with rotator cuff pathology*. Acta Orthop Scand, 1996. **67**(3): p. 264-8.
95. Kuhn, J.E., et al., *Interobserver agreement in the classification of rotator cuff tears*. Am J Sports Med, 2007. **35**(3): p. 437-41.
96. Kessel, L. and I. Bayley, *Clinical disorders of the shoulder*. 1986: Churchill Livingstone.
97. Gerber, C., B. Fuchs, and J. Hodler, *The Results of Repair of Massive Tears of the Rotator Cuff\**. The Journal of Bone & Joint Surgery, 2000. **82**(4): p. 505-505.
98. DeOrto, J.K. and R.H. Cofield, *Results of a second attempt at surgical repair of a failed initial rotator-cuff repair*. J Bone Joint Surg Am, 1984. **66**(4): p. 563-7.
99. Thomazeau H., N., Robert P., *The Cuff*. Edited by D. F. Gazielly, P. Gleyze, and T. Thomas. New York, Elsevier, 1997., 414 pp. The Journal of Bone & Joint Surgery, 1997. **79**(9): p. 92-94.
100. Zanetti, M., C. Gerber, and J. Hodler, *Quantitative assessment of the muscles of the rotator cuff with magnetic resonance imaging*. Invest Radiol, 1998. **33**(3): p. 163-70.
101. Warner, J.J., et al., *Diagnosis and treatment of anterosuperior rotator cuff tears*. J Shoulder Elbow Surg, 2001. **10**(1): p. 37-46.
102. Fukuta, S., et al., *Tendon retraction with rotator cuff tear causes a decrease in cross-sectional area of the supraspinatus muscle on magnetic resonance imaging*. Journal of Shoulder and Elbow Surgery. **25**(7): p. 1069-1075.
103. Goutallier, D., et al., *Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan*. Clin Orthop Relat Res, 1994(304): p. 78-83.
104. Fuchs, B., et al., *Fatty degeneration of the muscles of the rotator cuff: assessment by computed tomography versus magnetic resonance imaging*. J Shoulder Elbow Surg, 1999. **8**(6): p. 599-605.
105. Hamada, K., et al., *Roentgenographic findings in massive rotator cuff tears. A long-term observation*. Clin Orthop Relat Res, 1990(254): p. 92-6.
106. Constant, C.R. and A.H. Murley, *A clinical method of functional assessment of the shoulder*. Clin Orthop Relat Res, 1987(214): p. 160-4.
107. Gilbert, M.K. and C. Gerber, *Comparison of the subjective shoulder value and the Constant score*. J Shoulder Elbow Surg, 2007. **16**(6): p. 717-21.
108. Hirschmann, M.T., et al., *Reliability of shoulder abduction strength measure for the Constant-Murley score*. Clin Orthop Relat Res, 2010. **468**(6): p. 1565-71.
109. Constant, C.R., et al., *A review of the Constant score: modifications and guidelines for its use*. J Shoulder Elbow Surg, 2008. **17**(2): p. 355-61.
110. Boehm, D., et al., *Entwicklung eines Fragebogens basierend auf dem Constant-Murley-Score zur Selbstevaluation der Schulterfunktion durch den Patienten*. Der Unfallchirurg, 2004. **107**(5): p. 397-402.

111. Habermeyer, P. and J.D. Agneskirchner, *Schulterchirurgie: mit 80 Tabellen*. 2002: Urban & Fischer.
112. Kayser, R., et al., *[Validity of ultrasound examinations of disorders of the shoulder joint]*. *Ultraschall Med*, 2005. **26**(4): p. 291-8.
113. Bokor, D.J., et al., *Results of nonoperative management of full-thickness tears of the rotator cuff*. *Clin Orthop Relat Res*, 1993(294): p. 103-10.
114. Walch, G., et al., *Arthroscopic tenotomy of the long head of the biceps in the treatment of rotator cuff tears: clinical and radiographic results of 307 cases*. *J Shoulder Elbow Surg*, 2005. **14**(3): p. 238-46.
115. Patzer, T., M. Hufeland, and R. Krauspe, *Irreparable rotator cuff tears*. *Der Orthopäde*, 2016. **45**(2): p. 149-158.
116. Mallon, W.J., R.J. Wilson, and C.J. Basamania, *The association of suprascapular neuropathy with massive rotator cuff tears: a preliminary report*. *J Shoulder Elbow Surg*, 2006. **15**(4): p. 395-8.
117. Flury, M., *[Arthroscopic rotator cuff repair with patch augmentation]*. *Oper Orthop Traumatol*, 2012. **24**(6): p. 486-94.
118. Jung, C., et al., *Patch-augmented rotator cuff repair: influence of the patch fixation technique on primary biomechanical stability*. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2016. **136**(5): p. 609-16.
119. Sears, B.W., et al., *Clinical outcomes in patients undergoing revision rotator cuff repair with extracellular matrix augmentation*. *Orthopedics*, 2015. **38**(4): p. e292-6.
120. Petri, M., et al., *Outcomes After Open Revision Repair of Massive Rotator Cuff Tears With Biologic Patch Augmentation*. *Arthroscopy*, 2016. **32**(9): p. 1752-60.
121. Leuzinger, J., et al., *[Patch Augmentation in Rotator Cuff Repair Surgery with Elder Patients]*. *Z Orthop Unfall*, 2016.
122. Mihara, S., et al., *Rotator cuff repair using an original iliotibial ligament with a bone block patch: preliminary results with a 24-month follow-up period*. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. **25**(7): p. 1155-1162.
123. Flury, M., *[Patch augmentation of the rotator cuff. A reasonable choice or a waste of money?]*. *Orthopade*, 2016. **45**(2): p. 136-42.
124. Grammont, P.M. and E. Baulot, *Delta shoulder prosthesis for rotator cuff rupture*. *Orthopedics*, 1993. **16**(1): p. 65-8.
125. Irlenbusch, U., et al., *[Latissimus dorsi transfer in case of irreparable rotator cuff tear--a comparative analysis of primary and failed rotator cuff surgery, in dependence of deficiency grade and additional lesions]*. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 2003. **141**(6): p. 650-6.
126. Aoki, M., et al., *Transfer of latissimus dorsi for irreparable rotator-cuff tears*. *J Bone Joint Surg Br*, 1996. **78**(5): p. 761-6.
127. Gerber, C., *Latissimus dorsi transfer for the treatment of irreparable tears of the rotator cuff*. *Clin Orthop Relat Res*, 1992(275): p. 152-60.
128. Moursy, M., et al., *Latissimus dorsi tendon transfer for irreparable rotator cuff tears: a modified technique to improve tendon transfer integrity*. *J Bone Joint Surg Am*, 2009. **91**(8): p. 1924-31.
129. De Casas, R., et al., *Clinic and electromyographic results of latissimus dorsi transfer for irreparable posterosuperior rotator cuff tears*. *J Orthop Surg Res*, 2014. **9**(1): p. 83.
130. Henseler, J.F., et al., *Does the latissimus dorsi tendon transfer for massive rotator cuff tears remain active postoperatively and restore active external rotation?* *J Shoulder Elbow Surg*, 2014. **23**(4): p. 553-60.
131. Birmingham, P.M. and R.J. Neviaser, *Outcome of latissimus dorsi transfer as a salvage procedure for failed rotator cuff repair with loss of elevation*. *J Shoulder Elbow Surg*, 2008. **17**(6): p. 871-4.
132. Bellumore, Y., M. Mansat, and J. Assoun, *[Results of the surgical repair of the rotator cuff. Radio-clinical correlation]*. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 1994. **80**(7): p. 582-94.
133. Zachary, R.B., *Transplantation of teres major and latissimus dorsi for loss of external rotation at shoulder*. *Lancet*, 1947. **2**(6482): p. 757.
134. Celli, A., et al., *Transplant of the teres major in the treatment of irreparable injuries of the rotator cuff (long-term analysis of results)*. *Chir Organi Mov*, 2005. **90**(2): p. 121-32.

135. Henseler, J.F., et al., *Teres major tendon transfer for patients with massive irreparable posterosuperior rotator cuff tears: Short-term clinical results*. Bone Joint J, 2013. **95-b**(4): p. 523-9.
136. Bernd Röhrig, J.-B.d.P., Daniel Wachtlin, Robert Kwiecien, Maria Blettner, *Fallzahlplanung in klinischen Studien*. Deutsches Ärzteblatt, 2010(Heft 31–32): p. 552-556.
137. Sackett, D.L., et al., *Evidence based medicine: what it is and what it isn't*. 1996. Clin Orthop Relat Res, 2007. **455**: p. 3-5.
138. Raspe, H. and E.F. Stange, *[Evidence-based medicine: context and relevance]*. Z Gastroenterol, 1999. **37**(6): p. 525-33.
139. Boileau, P., et al., *Grammont reverse prosthesis: design, rationale, and biomechanics*. J Shoulder Elbow Surg, 2005. **14**(1 Suppl S): p. 147s-161s.
140. Esch, J.C., et al., *Arthroscopic subacromial decompression: results according to the degree of rotator cuff tear*. Arthroscopy, 1988. **4**(4): p. 241-9.
141. Gartsman, G.M., *Arthroscopic acromioplasty for lesions of the rotator cuff*. J Bone Joint Surg Am, 1990. **72**(2): p. 169-80.
142. Spear, S.L. and C.L. Hess, *A review of the biomechanical and functional changes in the shoulder following transfer of the latissimus dorsi muscles*. Plast Reconstr Surg, 2005. **115**(7): p. 2070-3.
143. Cutbush, K., N.A. Peter, and K. Hirpara, *All-Arthroscopic Latissimus Dorsi Transfer*. Arthroscopy Techniques, 2016. **5**(3): p. e607-e613.

## 8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zeichnung aus Gray's Anatomy of the Human Body, Abb. 326 [33] .....	9
Abbildung 2: Zeichnung aus Gray's Anatomy of the Human Body, Abb. 412 [33] .....	12
Abbildung 3: Rotatorenmanschette: Muskeln, Bänder und Schleimbeutel des Schultergelenks im Querschnitt [32] .....	13
Abbildung 4: Zirkumduktionskegel nach Ibrahim A. Kapandji [24].....	16
Abbildung 5: Sektoreneinteilung nach Habermeyer zur Lokalisation der Rotatorenmanschettenläsion [29].....	27
Abbildung 6: Klassifikation der Muskelatrophie nach Thomazeau und modifiziert durch Warner in schräg sagittaler Aufnahme und in T1 gewichteter MRT [99, 101] .....	28
Abbildung 7: Retraktion der Sehnen nach Patte in der Koronarebene mittels T2-gewichteter Magnetresonanztomographie [92, 93] .....	29
Abbildung 8: Klassifikation der Arthrose nach Hamada et al. [105] als A) Schema und B) Röntgenbild.....	29
Abbildung 9: Die Abbildung zeigt die präoperative Schnittführung .....	33
Abbildung 10: Die Abbildung zeigt im linken Bild den Transfer des M. teres major und im rechten Bild die präparierte Sehne des Latissimus dorsi Flap .....	34
Abbildung 11: Die Abbildung zeigt die Reinsertionsstelle neben dem Ansatz des M. infraspinatus.....	34
Abbildung 12: Fragebogenversion des Constant Murley Score mit Angabe der maximalen Punkteanzahl [111] .....	37
Abbildung 13: Bewegungsausmaß von präoperativ zu postoperativ bei LDT .....	40
Abbildung 14: Spezifische positive Funktionstests präoperativ vs. postoperativ bei LD Transfer .....	41
Abbildung 15: Parameter des CS im Vergleich von präoperativ zu postoperativ bei LDT.....	42
Abbildung 16: Parameter des CS im Vergleich von präoperativ zu postoperativ bei LDT.....	43
Abbildung 17: SSV im Vergleich von präoperativ zu postoperative bei LDT .....	44
Abbildung 18: Kraftzunahme der Abduktion von präoperativ zu postoperativ bei LDT .....	44

Abbildung 19: Radiologischer Vergleich präoperativ vs. postoperativ bei M. latissimus dorsi Transfer .....	45
Abbildung 21: Bewegungsausmaß von präoperativ zu postoperativ bei M. teres major Transfer .....	46
Abbildung 22: Spezifische Funktionstests im Vergleich von präoperativ zu postoperativ bei TMT .....	47
Abbildung 23: Parameter des CS im Vergleich von präoperativ zu postoperativ bei TM Transfer .....	48
Abbildung 24: Parameter des Constant Scores im Mittel im Vergleich von präop zu postop bei TMT .....	49
Abbildung 25: SSV im Vergleich von präoperativ zu postoperativ bei M. teres major Transfer .....	50
Abbildung 26: Kraftzunahme von präoperativ zu postoperativ bei M. teres major Transfer ....	50
Abbildung 27: Radiologischer Vergleich von präoperativ zu postoperativ bei M. teres major Transfer .....	51
Abbildung 28: AHA im Vergleich von von präoperativ zu postoperativ bei M. teres major Transfer .....	52
Abbildung 29: Vergleich des Bewegungsausmaßes in Grad zwischen LDT und TMT .....	53
Abbildung 30: Vergleich der Spezifischen Funktionstests zwischen LDT und TMT .....	54
Abbildung 31: Vergleich der Werte im Constant Score zwischen LDT und TMT .....	55
Abbildung 32: Vergleich des Subjective Shoulder Value nach Gerber zwischen LDT und TMT .....	56
Abbildung 33: Vergleich der Kraftmessung (kg) zwischen LDT und TMT .....	57
Abbildung 34: Akromiohumeraler Abstand im Vergleich zwischen LDT und TMT .....	58
Abbildung 35: Gelenkzentrierung (Gotischer Bogen) im Vergleich zwischen LDT und TMT	58
Abbildung 36: Vergleich der Komplikationsrate zwischen LDT und TMT .....	59

## 9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Rupturformen nach Ellman und Gartsman [61].....	27
Tabelle 2: Vergleich der absoluten Werte zwischen LDT und TMT und deren Signifikanz im Vergleich.....	53
Tabelle 3: Vergleich des Bewegungsausmaßes zwischen LDT und TMT .....	54
Tabelle 4: Vergleich der Ergebnisse der Funktionstests zwischen LDT und TMT.....	54
Tabelle 5: Vergleich der Werte des Constant Score zwischen LDT und TMT .....	56
Tabelle 6: Vergleich der Werte des Subjective Shoulder Value nach Gerber zwischen LDT und TMT .....	56
Tabelle 7: Vergleich der Werte der Kraftmessung zwischen LDT und TMT .....	57
Tabelle 8: Vergleich der Werte der radiologischen Untersuchung zwischen LDT und TMT... 58	
Tabelle 9: Vergleich der Werte der Gelenkzentrierung (Gotischer Bogen) zwischen LDT und TMT .....	58
Tabelle 10: Vergleich der Komplikationen und Versager zwischen LDT und TMT .....	59

## 10 Eidesstattliche Versicherung

Schiegnitz, Jan

(Name, Vorname)

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema:

Muskeltransfer bei chronisch irreparablen postero-superioren  
Rotatorenmanschettenmassenrupturen - ein prospektiver randomisierter Vergleich zwischen  
M. latissimus dorsi und M. teres major Transfer,

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Kiel, den 12.10.2018

(Ort, Datum)

Jan Schiegnitz

\_\_\_\_\_  
(Unterschrift Doktorand)